



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA HASIL *REPAIR* SAMBUNGAN LAS
BAJA SA36 SETELAH KEBAKARAN YANG
DISAMBUNG ULANG DENGAN BAJA SA36
BARU DENGAN PENGELASAN SMAW
MENGUNAKAN FILLER E7016 DIAMETER
2.6mm TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL**

**YHOGIE YHUMANTA WADINA PUTRA
NRP.2112 030 050**

**Dosen Pembimbing
Ir. Subowo, MSc.
195810241987011001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



FINAL PROJECT - TM 145502

**ANALYSIS REPAIR OF WELD JOINT STEEL
SA36 AFTER FIRE THAT RE-JOINED BY NEW
STEEL SA36 USE FILLER E7016 2.6mm
DIAMETER WITH WELDING SMAW IN
MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL**

**YHOGIE YHUMANTA WADINA PUTRA
NRP.2112 030 050**

**Conselor Lecturer
Ir. Subowo, MSc.
195810241987011001**

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**“ ANALISA HASIL *REPAIR* SAMBUNGAN LAS
BAJA SA36 SETELAH KEBAKARAN YANG
DISAMBUNG ULANG DENGAN BAJA SA36 BARU
DENGAN PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN
FILLER E7016 DIAMETER 2.6mm TERHADAP
SIFAT MEKANIK MATERIAL ”**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

YHOGIE YHUMANTA WADINA PUTRA
NRP. 2112 030 050

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing


Ir. Subowo, MSc.
195810241987011001

SURABAYA, Januari 2016

ANALISA HASIL *REPAIR* SAMBUNGAN LAS BAJA SA36 SETELAH KEBAKARAN YANG DISAMBUNG ULANG DENGAN BAJA SA36 BARU DENGAN PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN FILLER E7016 DIAMETER 2.6mm TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL

Nama : Yhogie Yhumanta Wadina Putra
NRP : 2112 030 050
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Subowo, MSc.
Abstrak

Dalam dunia konstruksi yang selalu tidak pernah lepas dari dunia pengelasan terutama sambungan las yang digunakan untuk memperkuat rangka suatu bangunan. Suatu ketika terjadi kebakaran dengan suhu 700°C dan 900°C yang menyebabkan sambungan awal rusak, untuk menangani permasalahan ini banyak cara dilakukan, misalnya pengelasan kembali sambungan las yang rusak dengan material baru yang tidak terkena kebakaran. Material yang sering digunakan pada konstruksi misalnya yaitu baja SA36.

Dari penelitian ini akan membandingkan kekuatan tarik, kekerasan serta struktur makro dan mikro dari baja SA36 setelah kebakaran dengan suhu 700°C dan 900°C yang disambung dengan baja SA36 yang tidak terbakar melalui pengelasan SMAW menggunakan filler E7016 diameter 2.6mm dan arus listrik 90A. Pengujian yang dilakukan yakni *tensile test*, *hardness test*, dan *metallography test*.

Dari hasil penelitian didapatkan daerah patahan pada *base metal* yang telah terkena kebakaran. Baja SA36 yang terbakar dengan suhu 700°C memiliki tegangan tarik lebih besar yaitu 498.85 MPa dibandingkan suhu 900°C yang nilainya 492.535 MPa. Untuk nilai kekerasan spesimen setelah terbakar lebih rendah daripada spesimen yang tidak terbakar. Setelah terjadi kebakaran, pada *base metal* mengalami penurunan nilai kekerasan yakni 81.5 HRB untuk *base metal* yang tidak terbakar menjadi 77.9 HRB untuk suhu kebakaran 700°C dan 76.7 HRB untuk suhu kebakaran 900°C. Lebar rata – rata menunjukkan HAZ lebih lebar pada spesimen suhu 700°C yaitu 2.66mm. Sedangkan struktur mikro hanya terdapat *ferrit* dan *pearlit*.

Kata-kata kunci : *tensile test*, *hardness test*, *metallography test*.

**ANALYSIS REPAIR OF WELD JOINT STEEL SA 36
AFTER FIRE THAT RE-JOINED BY NEW STEEL SA36
USE FILLER E7016 2.6mm DIAMETER WITH WELDING
SMAW IN MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL**

Name : Yhogie Yhumanta Wadina Putra

NRP : 2112 030 050

Mayor : D3 Teknik Mesin FTI-ITS

Advisor : Ir. Subowo, MSc.

Abstract

In the world of construction is always never be separated from the world, especially welding weld joints that are used to strengthen the framework of a building. Once there is a fire with a temperature of 700 ° C and 900 ° C which caused the initial connection is broken, to address these issues many ways done, eg welding welded joints damaged back with new material that is not affected by the fires. The material is often used in construction, for example, namely steel SA36.

From this research will compare the tensile strength, hardness as well as the macro and micro structure of steel SA36 after a fire at a temperature of 700 ° C and 900 ° C which are connected with steel SA36 unburned through SMAW welding using a filler E7016 2.6mm diameter and electric current 90A. Testing performed the tensile test, hardness test and metallography test.

From the results, the fault line in the base metal that has been affected by the fires. SA36 burned steel with a temperature of 700 ° C has a tensile stress that is 498.85 MPa greater than 900 ° C which is worth 492 535 MPa. For the hardness of specimens after burning is lower than the specimen is not burned. After a fire, the base metal experienced a decline in value that is 81.5 HRB hardness for the base metal that is not burned to 77.9 HRB for the fire temperature of 700 ° C and 76.7 HRB for the fire temperature of 900 ° C. The width of the average - average show HAZ specimens wider at a temperature of 700 ° C is 2.66mm. While there are only a micro-structure ferrite and pearlite.

Keyword : *tensile test, hardness test, metallography test.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan penelitian yang berjudul :

“ANALISA HASIL *REPAIR* SAMBUNGAN LAS BAJA SA36 SETELAH KEBAKARAN YANG DISAMBUNG ULANG DENGAN BAJA SA36 BARU DENGAN PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN FILLER E7016 DIAMETER 2.6mm TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL”

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Subowo, MSc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan penelitian ini.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T selaku kaprodi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
3. Ibu Liza Rusdiyana, ST, M.T selaku koordinator Tugas Akhir D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
4. Ir Syamsul Hadi, M.T selaku Dosen Wali selama di D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
6. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan penelitian ini.
7. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa ,serta dukungan dalam bentuk apapun.
8. Saudara Bagas, Bangkit, Izal, Andy, dan Rudy kerjasamanya sebagai team work selama proses pengerjaan penelitian ini.
9. Teman – teman angkatan 2011, 2012, 2013 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
10. Pak ali, Pak sajidin, dan Pak Narto yang telah memberikan kesempatan penulis menggunakan tempat kerja untuk melakukan praktikum pengelasan
11. Rekan – rekan PPNS 2010,2012 yang telah membantu penulis selama pengerjaan penelitian ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengelasan	7
2.1.1 <i>Shielded Metal Arc Welding</i> (SMAW).....	7
2.1.2 Posisi Pada Pengelasan.....	8
2.1.3 Heat Input	10
2.1.4 Kodefikasi Elektroda	10
2.2 Baja Karbon.....	11
2.3 Material	16
2.4 <i>Repair Welding</i>	16
2.5 <i>Tensile Test</i>	17
2.6 <i>Hardness Test</i>	20
2.6.1 Pengujian kekerasan <i>Rockwell</i>	20
2.7 <i>Metalography Test</i>	22
2.8 Pengaruh Layer.....	25
2.8.1 <i>Single Layer</i>	25
2.8.2 <i>Multi Layer</i>	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	29
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.3 Tempat.....	31
3.4 Langkah kerja.....	31
3.4.1 Studi literatur	31
3.4.2 Persiapan Material.....	31
3.4.3 Pengelasan.....	32
3.4.4 Perlakuan Panas	35
3.4.5 Pelepasan Sambungan Las	35
3.4.6 Pengelasan Ulang	35
3.4.7 Pengambilan Test Piece	36
1.Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	36
2.Uji Kekerasan (<i>Hardness</i>)	38
3.Uji <i>Metalography</i> (Makro dan Mikro)	39

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 <i>Tensile Test</i> (Uji Tarik)	41
4.1.1 Tegangan Tarik	41
4.1.2 Regangan.....	43
4.1.3 Bentuk Patahan.....	46
4.1.4 Daerah Patahan.....	47
4.2 <i>Hardness Test</i> (Uji Kekerasan).....	49
4.2.1 Nilai Kekerasan	49
4.3 <i>Metalography Test</i> (<i>Uji Metalografi</i>).....	58
4.3.1 Pengujian Makro	58
4.3.2 Pengujian Mikro	59

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW	7
Gambar 2.2 Posisi Pengelasan 1G	8
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2G	8
Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 3G	9
Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 4G	9
Gambar 2.6 Fase Diagram Fe3-C	12
Gambar 2.7 Struktur Mikro <i>Ferrit</i>	12
Gambar 2.8 Struktur Mikro <i>Cementit</i>	13
Gambar 2.9 Struktur Mikro <i>Perlit</i>	14
Gambar 2.10 Struktur Mikro <i>Martensit</i>	14
Gambar 2.11 Transformasi Fasa Pada Daerah Pengelasan	15
Gambar 2.12 Kurva Tegangan Regangan	19
Gambar 2.13 Contoh Bentuk Patahan	19
Gambar 2.14 Prinsip Kerja <i>Rockwell</i>	21
Gambar 2.15 Sketsa Daerah HAZ	23
Gambar 2.16 Pantulan Sinar Pada <i>Metalograph Test</i>	24
Gambar 2.17 Karakteristik Sambungan Las Pada Single Layer	25
Gambar 2.18 Pengelasan Multi Layer	26
Gambar 2.19 Hasil Pengelasan Multi Layer	27
Gambar 2.22 Grafik Kekuatan Material Hasil Multi Layer	27
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Diagram	29
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Diagram (Lanjutan)	30
Gambar 3.3 Gambar Material SA 36	32
Gambar 3.4 Sudut Bevel Yang Digunakan	32
Gambar 3.5 Proses Pengelasan	34
Gambar 3.6 <i>Tank Ampere</i>	34
Gambar 3.7 Pelepasan Sambungan Las Awal	35
Gambar 3.8 Dimensi Specimen <i>Tarik</i> <i>ASME 2010 Section IX</i>	37
Gambar 3.9 Spesimen <i>Tensile Test</i> Suhu 700°C	38

Gambar 3.10 Spesimen <i>Tensile Test</i> Suhu 900°C	38
Gambar 3.11 Alat Uji Kekerasan Rockwell	39
Gambar 3.12 Lokasi Indentasi Uji Kekerasan.....	39
Gambar 3.13 Alat Dan Bahan Untuk Proses Etsa	40
Gambar 3.14 Larutan Etsa (Alkohol+HNO ₃).....	40
Gambar 4.1 Grafik Rata – rata Tegangan Tarik Pada Spesimen Sebelum Terbakar.....	42
Gambar 4.2 Grafik Rata – rata Tegangan Tarik Pada Spesimen Suhu 700°C dan 900°C.....	42
Gambar 4.3 Panjang lo dan Panjang l1 Sebelum Terbakar	43
Gambar 4.4 Panjang lo dan Panjang l1 Suhu 700°C.....	44
Gambar 4.5 Panjang lo dan Panjang l1 Suhu 900°C.....	44
Gambar 4.6 Grafik Regangan.....	45
Gambar 4.7 Bentuk Patahan Spesimen Sebelum Terbakar	45
Gambar 4.8 Bentuk Patahan Spesimen Suhu 700°C.....	46
Gambar 4.9 Bentuk Patahan Spesimen Suhu 900°C.....	46
Gambar 4.10 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Sebelum Terbakar.....	47
Gambar 4.11 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Kebakaran Suhu 700°C....	47
Gambar 4.12 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Kebakaran Suhu 900°C....	48
Gambar 4.13 Daerah Acuan Titik Indentasi Uji Kekerasan Material Sebelum Terbakar	49
Gambar 4.14 Letak Titik Yang Akan Diuji.....	49
Gambar 4.15 Bidang Hasil Indentasi Spesimen Sebelum Terbakar	50
Gambar 4.16 Grafik Kekerasan Sebelum Terbakar	51
Gambar 4.17 Daerah Acuan Titik Indentasi Uji Kekerasan Suhu 700°C.....	51
Gambar 4.18 Bidang Hasil Indentasi Suhu 700°C	52
Gambar 4.19 Letak Titik Yang Akan Diuji Suhu 700°C ...	52
Gambar 4.20 Grafik Kekerasan Kebakaran Suhu 700°C ...	53

Gambar 4.21 Daerah Acuan Titik Indentasi.....	54
Gambar 4.22 Letak Titik Yang Akan Diuji Suhu 900°C ...	54
Gambar 4.23 Bidang Hasil Indentasi	54
Gambar 4.24 Grafik Kekerasan Kebakaran Suhu 900°C ...	55
Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Suhu Kebakaran 700°C dan 900°C	57
Gambar 4.26 Lebar HAZ Sebelum Terbakar	58
Gambar 4.27 Lebar HAZ Suhu Kebakaran 700°C	58
Gambar 4.28 Lebar HAZ Suhu 900°C	59
Gambar 4.29 Daerah Yang Akan Dimikroskop	59
Gambar 4.30 Struktur Mikro Pada Base Metal Tidak Terbakar (1000x)	60
Gambar 4.31 Struktur Mikro HAZ Tidak Terbakar(1000x).....	60
Gambar 4.32 Struktur Mikro Weld Metal Tidak Terbakar (1000x)	61
Gambar 4.33 Struktur Mikro Base Metal Kebakaran Suhu 700°C(1000x)	61
Gambar 4.34 Struktur Mikro HAZ Pada Base Kebakaran Suhu 700°C(1000x)	62
Gambar 4.35 Struktur Mikro Weld Metal Pada Base Metal Kebakaran Suhu 700°C(1000x)	62
Gambar 4.36 Struktur Mikro Base Metal Kebakaran Suhu 900°C(1000x)	63
Gambar 4.37 Struktur Mikro HAZ Pada Base Metal Kebakaran Suhu 900°C(1000x)	63
Gambar 4.38 Struktur Mikro Weld Metal Pada Base Metal Kebakaran Suhu 900°C(1000x)	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai <i>Chemical Composition</i>	16
Tabel 2.2 <i>Mechanical Properties</i>	16
Table 2.3 Skala Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	22
Tabel 3.1 Logam Induk Dan Pengisi E7016	33
Tabel 3.2 Parameter Pengelasan.....	33
Tabel 3.3 Heat Input.....	33
Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik.....	41
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik.....	42
Tabel 4.3 Nilai Regangan.....	45
Tabel 4.4 Nilai Kekerasan Sebelum Terbakar.....	50
Tabel 4.5 Nilai Kekeraan Pada Suhu 700°C	53
Tabel 4.6 Nilai Kekeraan Pada Suhu 900°C	55
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai kekerasan.....	57
Tabel 4.8 Lebar HAZ Sebelum Terbakar	58
Tabel 4.9 HAZ Suhu Kebakaran 700°C	58
Tabel 4.10 HAZ Suhu Kebakaran 900°C	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya kemajuan ilmu dan teknologi pada masa kini, membuat para pengguna teknologi dituntut untuk berpikir secara kritis terhadap perkembangan yang ada dengan tanggung jawab. Perkembangan tersebut membuat semua manusia menuntut sesuatu pekerjaan yang sempurna.

Dalam dunia konstruksi misalnya yang selalu berhubungan dengan sambungan las yang digunakan untuk memperkuat sambungan rangka suatu bangunan terjadi kebakaran yang menyebabkan sambungan awal rusak. Untuk mengatasinya maka dilakukan penyambungan ulang pada sambungan las yang rusak. Pada bagian tertentu sambungan dilas ulang dengan meminimalkan bagian yang memang harus diganti baru. Dalam hal ini material yang telah terbakar hingga sambungan las nya rusak disambung lagi dengan material baru.

Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap sambungan material SA36 yang seolah – olah terkena kebakaran dengan suhu 700°C dan 900°C dan rusak pada daerah sambungan las nya. Setelah itu dilakukan pengelasan ulang pada sambungan las yang rusak dengan mengganti salah satu *base metal* yang akan dilas dengan *base metal* baru yang tidak terbakar dengan menggunakan pengelasan SMAW. Tujuan dari dilakukannya variasi suhu kebakaran 700°C dan 900°C adalah untuk mengetahui perbedaan sifat mekanik berupa kekuatan tarik dan kekerasan pada material, sehingga dapat mengetahui nilai uji kekerasan, struktur mikro dan makro yang terjadi pada daerah Base Metal, Weld Metal, HAZ pada material.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini mempunyai rumusan masalah yang harus di selesaikan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh sambungan *base metal* setelah kebakaran suhu 700⁰C dan suhu 900⁰C dengan *base metal* sebelum kebakaran terhadap kekuatan tarik material ?
2. Bagaimana pengaruh kebakaran suhu 700⁰C dan suhu 900⁰C terhadap nilai kekerasan material ?
3. Bagaimana struktur makro dan mikro pengaruh variasi suhu 700⁰C dan 900⁰C pada material ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan dalam penelitian yang akan dilakukan antara lain:

1. Variasi *preheat* yang dilakukan adalah Non *preheat*, kampuh yang digunakan adalah single V groove 60⁰
2. Variasi suhu kebakaran yang dilakukan yaitu suhu 700⁰C dan 900⁰C.
3. Menggunakan proses *SMAW* dengan posisi *1G* .
4. Material SA 36 dengan dimensi 110x150 mm dan tebal 10 mm sebanyak 6 buah dengan kawat E7016 dengan diameter 2.6 mm.
5. Menggunakan arus sebesar 90 A.
6. Pengujian yang dilakukan adalah *Tensile Test* ,*Hardness Rockwell*, *Metalography* (*Makro dan Mikro*).
7. Pengujian dilakukan pada bagian *Base Metal*, *HAZ*, dan *Weld Metal*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dilakukanya penelitiannya ini adalah untuk:

1. Mengetahui daerah patahan serta kekuatan tarik yang terjadi dari hasil sambungan las baja SA36 setelah kebakaran yang disambung ulang dengan baja SA36 yang tidak terbakar.
2. Mengetahui variasi nilai kekerasan yang dihasilkan.
3. Mengetahui perbedaan struktur makro dan mikro yang terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari pemelitan ini adalah :

1. Memperkaya khasanah keilmuan teknik terutama dalam bidang pengujian logam, pengelasan, dan bahan teknik. Sehingga dapat meningkatkan pengetahuan baik untuk masyarakat umum maupun bagi juru las.
2. Memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi suhu kebakaran terhadap kekerasan dari material SA36 di daerah *base metal*, *weld metal*, dan *HAZ*.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur
Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan pengujian destructive test berupa uji kekerasan, makro etsa, mikro etsa, dan uji tarik atau karya ilmiah yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi.
2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing
Dalam penulisan tugas akhir ini perlu mengadakan konsultasi atau respon dengan dosen pembimbing.
3. Observasi Data
Melakukan observasi data-data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.
4. Analisa Data
Menganalisa hasil pengujian kekerasan, struktur mikro dan makro, dan tarik yang terjadi pada bagian logam hasil las,

HAZ, dan Base Metal setelah dilakukan pengelesan dengan variasi amper menggunakan buku-buku pedoman.

5. Membuat Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan tugas akhir dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Agar hasil pemikiran penulis dapat dimengerti dan dipahami secara keseluruhan, maka penulisan tugas akhir ini akan ditulis menurut sistematika penulisan secara umum yaitu :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab I menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

- **BAB II DASAR TOERI**

Pada Bab II ini menjelaskan tentang teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian.

- **BAB III METODOLOGI**

Pada Bab III menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi, dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

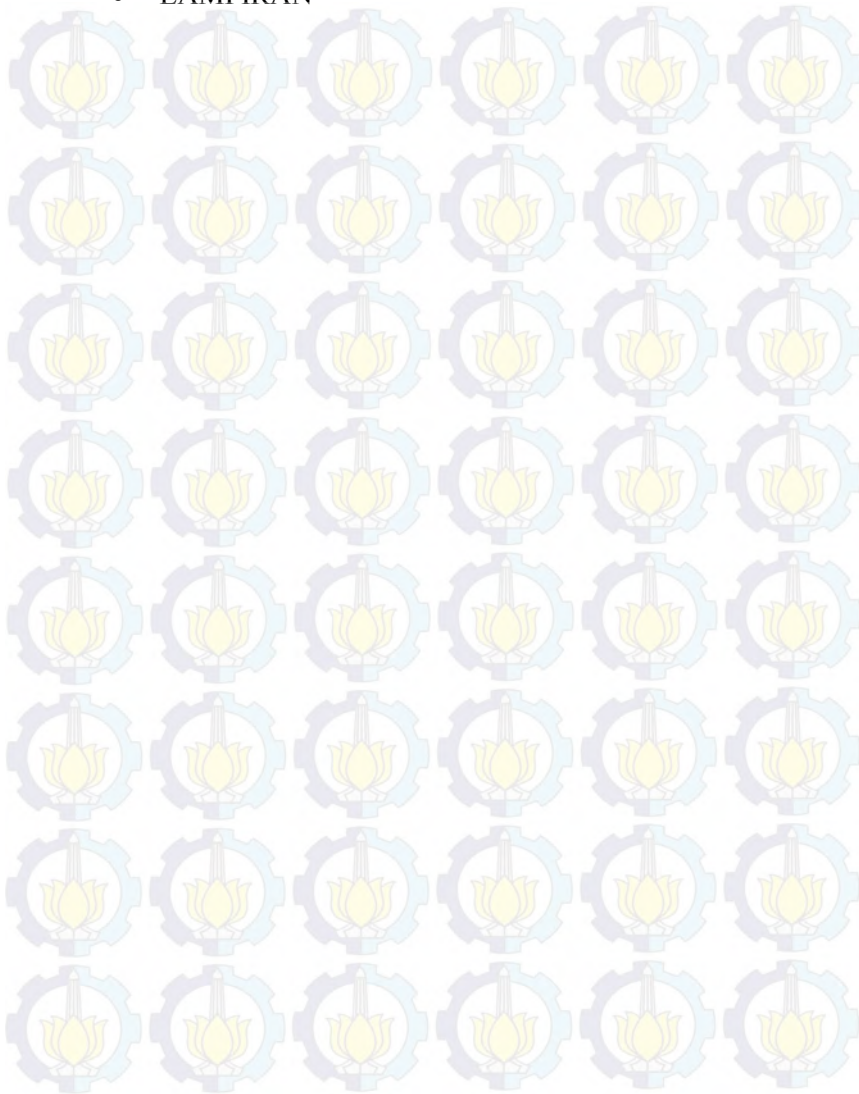
- **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

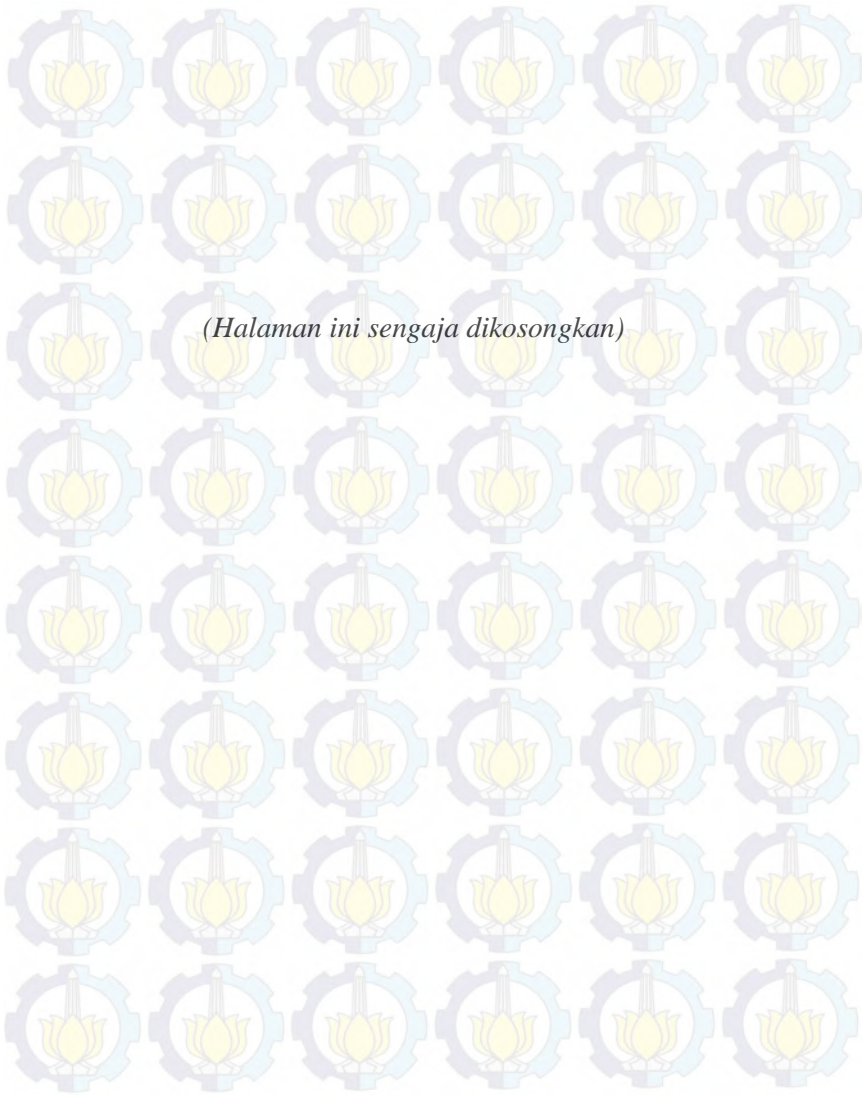
Pada Bab IV akan dibahas mengenai hasil pengujian kekerasan yang diambil pada base metal, weld metal, dan HAZ dengan titik-titik yang berbeda.

- **BAB V KESIMPULAN**

Pada Bab V berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran konstruktif untuk penelitian selanjutnya.

- DAFTAR PUSTAKA
- LAMPIRAN





BAB II

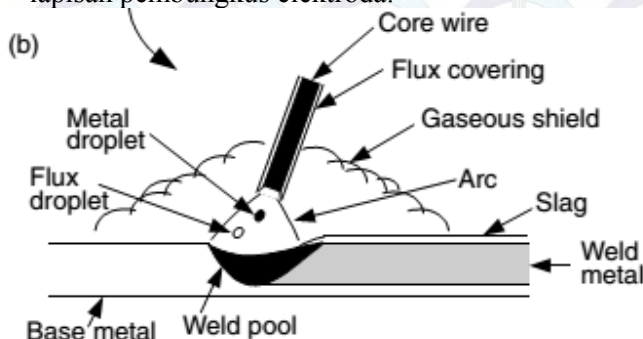
DASAR TEORI

2.1 Pengelasan

Proses penyambungan dari dua/lebih bahan (*base metal*) yang akan disambung, dengan cara memanaskan permukaan bagian – bagian yang akan disambung sampai mencair dengan / tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*) , dengan / tanpa menggunakan tekanan

2.1.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW adalah proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung *flux* dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. *Filler* metal atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda.

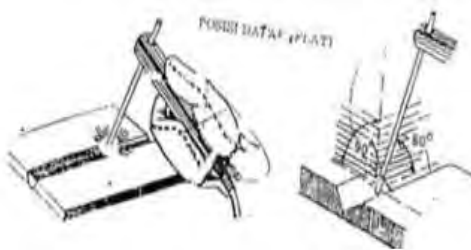


Gambar 2.1 Proses Pengelasan SMAW

2.1.2 Posisi Pada Pengelasan

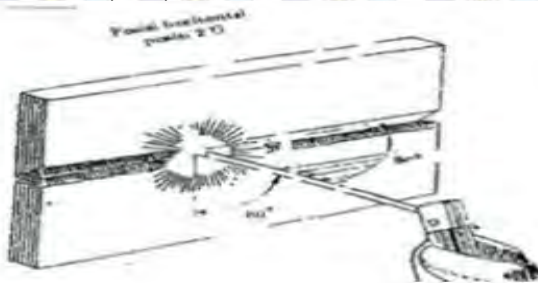
Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Adapun posisi terdiri dari 4 macam yaitu:

- Posisi (1G)



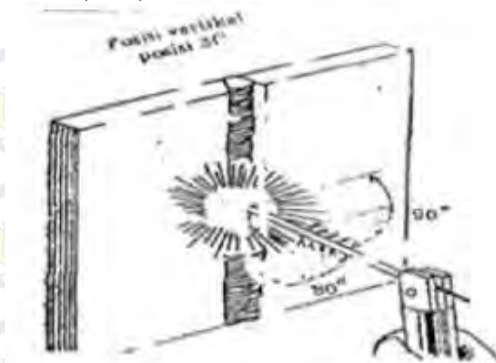
Gambar 2.2 Posisi Pengelasan 1G

- Posisi (2G)



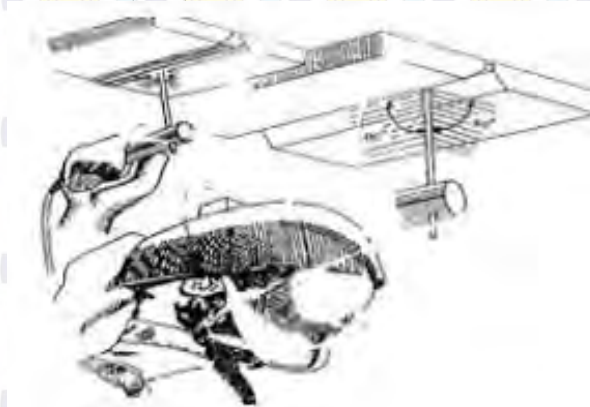
Gambar 2.3 Posisi Pengelasan 2G

- Posisi (3G)



Gambar 2.4 Posisi Pengelasan 3G

- Posisi (4G)



Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 4G

Masukan panas : $H_{\text{input}} = V \cdot I / \eta \dots \dots \dots (2.1)$

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Dimana:

H_{input}	= masukan panas atau energi (J/mm)
I	= Arus (Ampere)
V	= Voltase (Volt)
\mathcal{V}	= Travel Speed (mm/s)

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pakal untuk menjepitkan tang las. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Adapun Kodifikasi dari elektroda sebagai berikut

Seperti : **E A B C D**

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

AB : Menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam lb/in.

C : Menyatakan posisi pengelasan.

D : Menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

2.2 Baja Karbon

Baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya unsur lain.

Baja Karbon berdasarkan prosentase kadar karbonnya dikelompokkan menjadi 3 Macam.

a. Baja Karbon Rendah.

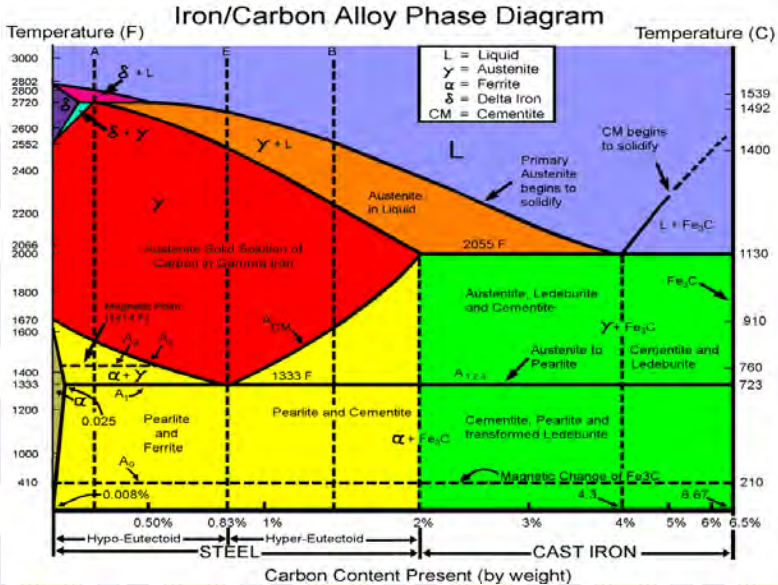
Kandungan karbon pada baja ini antara 0.10 sampai 0.25 % . Karena kadar karbon yang sangat rendah maka baja ini lunak dan tentu saja tidak dapat dikeraskan, dapat ditempa, dituang, mudah dilas dan dapat dikeraskan permukaannya (case hardening). Baja dengan prosentase karbon dibawah 0.15 % memiliki sifat mach ability yang rendah dan biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, dan lainnya.

b. Baja Karbon Menengah

Kandungan karbon pada baja ini antara 0.25 sampai 0.55 % . Baja jenis ini dapat dikeraskan dan di tempering, dapat dilas dan mudah dikerjakan pada mesin dengan baik. Penggunaan baja karbon menengah ini biasanya digunakan untuk poros / as, engkol dan sparepart lainnya.

c. Baja Karbon Tinggi.

Kandungan karbon pada baja ini antara 0.55 sampai 0.70 % . Karena kadar karbon yang tinggi maka baja ini lebih mudah dan cepat dikeraskan dari pada yang lainnya dan memiliki kekerasan yang baik, tetapi susah dai bentuk pada mesin dan sangat susah untuk dilas. Penggunaan baja ini untuk pegas/per, dan alat-alat pertanian.

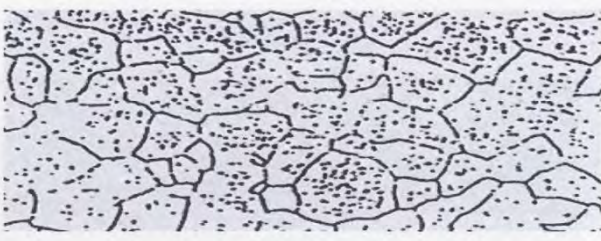


Gambar 2.6 Fase Diagram Fe3-C

Fasa-fasa yang ada pada diagram fasa besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut:

A. *Ferrit* (disimbolkan dengan α)

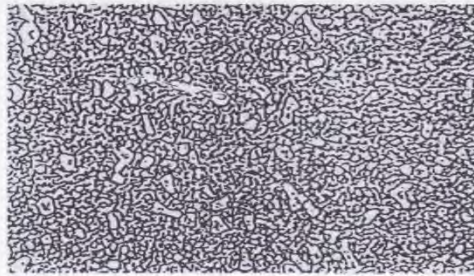
Memiliki bentuk sel satuan BCC, terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austenite* baja *hipoeuctoid* (baja dengan kandungan karbon < 0,8%), bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas thermalnya tinggi.



Gambar 2.7 Struktur Mikro *Ferrit*

B. *Cementit* (disimbolkan dengan Fe_3C)

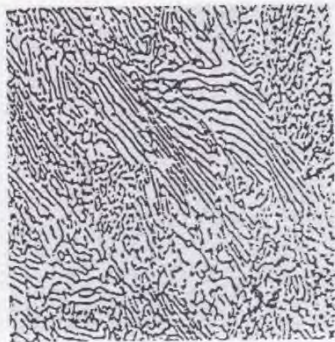
Adalah senyawa besi dengan karbon, umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C , bentuk sel satuannya *ortorombik*, dan bersifat keras (65-68) HRC.



Gambar 2.8 Struktur Mikro *Cementit*

C. *Perlit* (disimbolkan dengan $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$)

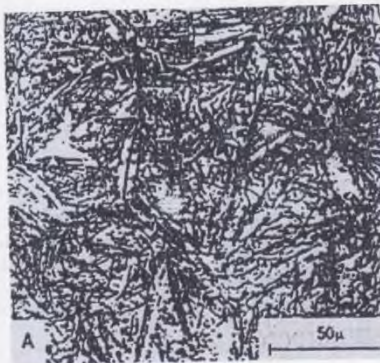
Adalah campuran *ferit* dan *cementit* berlapis dalam suatu struktur butir, memiliki nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan lambat menghasilkan *perlit* kasar, sedangkan struktur mikro *perlit* halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro *perlit* kasar kekuatannya lebih rendah bila dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur mikro *perlit* halus.



Gambar 2.9 Struktur Mikro *Pearlit*

D. *Martensit*

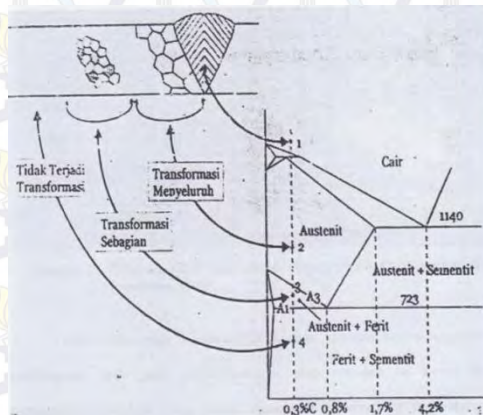
Terbentuk dari pendinginan cepat fasa *austenite* sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu, hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* seperti bentuk jarum-jarum halus, bersifat keras (20-67) HRC, dan getas.



Gambar 2.10 Struktur Mikro *Martensit*

E. *Austenite* (disimbolkan dengan γ)

Memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga maksimum 1,7%, dapat dianalisa secara eksperimental dengan menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*), karena kecepatan pendinginan dari temperatur *austenite* sampai ke temperatur ruangan berlangsung secara cepat. Kecepatan pendinginan tersebut berpengaruh pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk



Gambar 2.11 Transformasi Fasa Pada Daerah Pengelasan.

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi.

2.3 Material

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material SA36 dimana material ini memiliki kandungan komposisi kimia dan sifat mekanik yaitu, ditunjukkan pada gambar di bawah

Tabel 2.1 Nilai *Chemical Composition*

Product	Shapes ^a	Plates ^a				
Thickness, in. [mm]	All	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2 ½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Tabel 2.2 *Mechanical Properties*

Mechanical Properties		
Tensile Strength	58-80 ksi	400-550 MPa
Yield Point	36 ksi	250 MPa

2.4 Repair Welding

Repair welding merupakan perbaikan dengan menggunakan teknik pengelasan. Tujuan dari *repair welding* adalah untuk memperbaiki bentuk satu konstruksi yang mengalami kerusakan agar menjadi sama seperti bentuk dan fungsi benda asalnya dan memiliki sifat yang sama sebagai mana logam dasarnya. Untuk menghindari terjadinya retak pada las maka logam yang akan dilas dapat diberikan pemanasan mula (*preheat*), sedangkan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diperlukan untuk suatu konstruksi, seperti kekuatan (*strength*), kelunakan (*softness*), memperhalus ukuran butir logam lasan dapat diberikan proses pemanasan lanjut.

Secara garis besar material mempunyai sifat – sifat yang membedakannya dengan material lainnya, pada bidang teknik mesin umumnya sifat tersebut dibagi menjadi tiga sifat. Sifat –

sifat itu akan mendasari dalam pemilihan material, sifat tersebut adalah sifat mekanik, sifat fisik, dan sifat teknologi. Namun dalam bahasan di sini hanya akan dijelaskan mengenai sifat fisik dan mekanik saja karena pengujian yang akan dilakukan hanyalah mengenai kedua sifat tersebut. Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan.

Pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impact, kekuatan mulur, kekuatan leleh dan sebagainya.

Sifat penting yang kedua dalam pemilihan material adalah sifat fisik. Sifat fisik adalah kelakuan atau sifat-sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material. Sifat fisik material antara lain: temperatur cair, konduktivitas panas dan panas spesifik. Struktur material sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan material bahkan penemuan material baru.

2.5 Tensile Test

Pengujian untuk mengetahui kekuatan yang terjadi pada sambungan logam hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya dapat dilakukan suatu uji tarik yang telah distandarisasi. Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan. Untuk melaksanakan pengujian tarik dibutuhkan batang tarik. Batang tarik, dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan, dibubut dari spesimen yang akan diuji. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa

pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan :

Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

Dimana: F = beban (kg)

A_0 = luas mula dari penampang batang uji (mm^2)

Regangan:

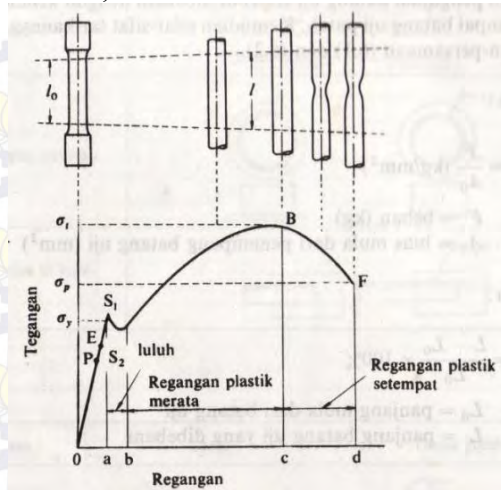
$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana: L_0 = panjang mula dari batang uji (mm)

L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

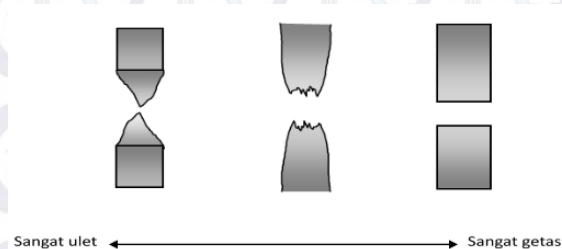
Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar . Titik P menunjukkan batas dimana hukum Hooke masih berlaku dan disebut batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada batang uji dan disebut batas elastic. Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya ditentukan batas elastic dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik S1 disebut titik luluh atas dan titik S2 titik luluh bawah. Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, dan dalam

hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2%.



Gambar 2.12 Kurva Tegangan Regangan

Setelah spesimen dilakukan penarikan oleh mesin akan didapatkan bentuk patahan pada spesimen tersebut seperti gambar di bawah



Gambar 2.13 Contoh Bentuk Patahan

2.6 Hardness Test

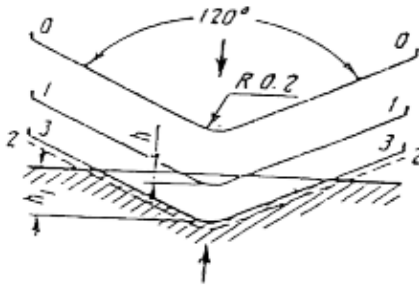
Kekerasan suatu bahan adalah kemampuan sebuah material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap indentasi, tahan terhadap penggoresan, tahan terhadap aus, tahan terhadap pengikisan (abrasi). Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain, yaitu strength (kekuatan). Bahkan nilai kekuatan tarik yang dimiliki suatu material dapat dikonversi dari kekerasannya. Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu :

1. Metode Pengujian Kekerasan Brinell
2. Metode Pengujian Kekerasan Vickers
3. Metode Pengujian Kekerasan Rockwell

Dari ketiga metode tersebut yang sering digunakan hanya dua saja, *Brinell* dan *vickers*, namun pada penelitian kali ini akan menggunakan, metode *Rockwell*.

2.6.1 Pengujian kekerasan *Rockwell*

Pada pengujian kekerasan rockwell, angka kekerasan yang di peroleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada specimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode rockwell dapat digunakan dua bentuk indendtor, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan bentuk kerucut dari intan (*diamond cone*). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indendor, seperti tercantum pada tabel 2.1. pengujian ini banyak dilakukan di industri karena pelaksanaanya lebih cepat, dimana angka kekerasan specimen uji dapat dibaca langsung pada mesin.



Gambar 2.14 Prinsip Kerja *Rockwell*

Keterangan :

0-0 Posisi sebelum indentasi

1-1 Penetrasi pada saat beban awal P1

2-2 Penetrasi pada saat beban penuh (P1+P)

3-3 Penetrasi setelah beban utama dilepas P1

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi dengan satu huruf depan yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi (h1) dapat ditulis sebagai berikut.

$$R_B = 130 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

$$R_C = 100 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

Table 2.3 Skala Uji Kekerasan *Rockwell*

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

Langkah-langkah pengujian kekerasan:

- Pemasangan landasan untuk benda kerja
- Pemasangan inventori
- Pengaturan beban sesuai standar pengujian
- Putar handle landasan sampai jarum minor (jarum kecil) ke titik merah dan jarum mayor (jarum besar) ke posisi nol.
- Tarik beban handle sampai jarum indikator berubah
- Tarik handle indikator
- Kembalikan handle indikator kemudian data dapat dibaca.

2.7 Metallography Test

Melalui pengujian metalografi maka dapat dilihat dan dianalisa struktur mikronya kemudian dapat dikaitkan dengan sifat material tersebut.

Pembentukan struktur mikro erat kaitannya dengan proses pembuatan material tersebut, meliputi pemberian paduan dan perlakuan lanjut seperti perlakuan panas.

Ilmu logam secara garis besar dibagi menjadi 2 yaitu metalurgi dan metalography.

Metalurgi yaitu ilmu yang mempelajari tentang perpaduan logam dengan unsur-unsur tertentu seperti titanium, copper, yang bertujuan untuk memperkuat atau dan menambah

ketangguhan logam, yang digunakan untuk berbagai kebutuhan khusus seperti engine blok piston dll.

Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optis dan mikroskop electron dengan perbesaran 50 – 3000 kali. Sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu.

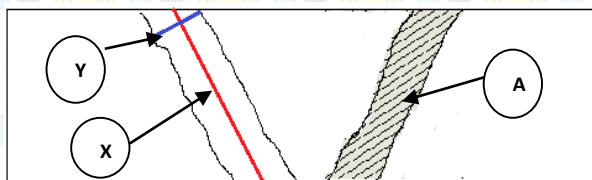
Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tapi juga tergantung pada struktur mikronya. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda dan sifat mekaniknyapun akan berbeda.

Pengujian metalography dibagi menjadi dua jenis yaitu pengujian makro dan pengujian mikro

- Pengujian Makro

Pengujian makro bertujuan untuk melihat secara visual atau kasat mata hasil dari pengelasan apakah terdapat cacat atau tidak, dengan dilakukan proses etsa terlebih dahulu

Hasil pengujian makro dapat dilihat pada gambar di bawah. Maka untuk mengetahui lebar dari masing-masing HAZ dilakukan permisalan yang akan dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2.15 Sketsa Daerah HAZ

Keterangan :

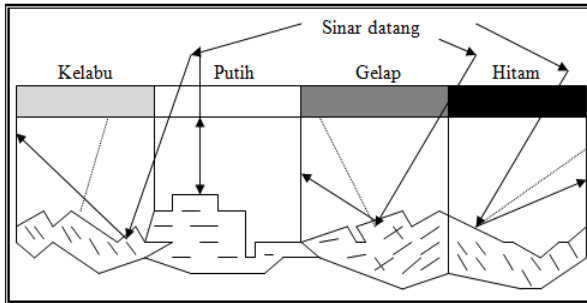
A = Luas HAZ (daerah yang diarsir)

X = Panjang Acuan HAZ (garis warna merah)

Y = Lebar rata-rata HAZ (garis biru)

- **Pengujian Mikro**

Pengujian mikro bertujuan untuk melihat butiran struktur kristal dari logam yang diuji dengan menggunakan mikroskop mulai perbesaran 50-3000 kali, sehingga dapat diketahui sifat, dan struktur dari logam tersebut.



Gambar 2.16 Pantulan Sinar Pada *Metalgraph Test*

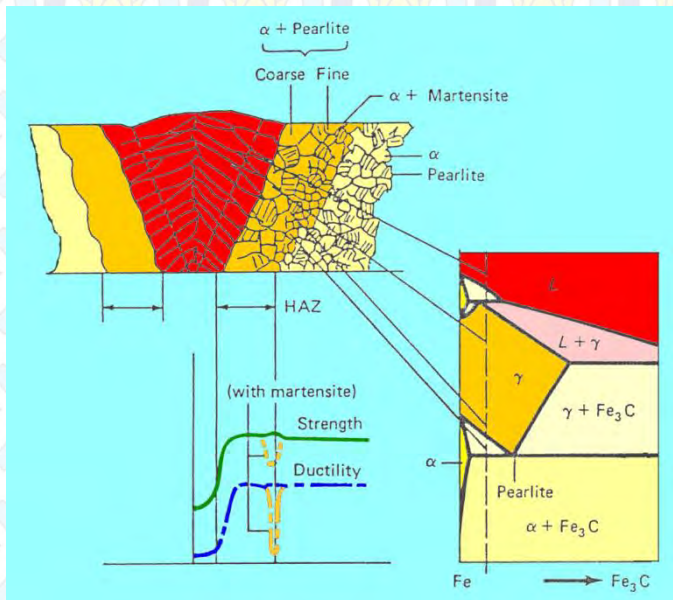
Langkah-langkah pengujian struktur mikro:

- a) Sebelumnya spesimen yang akan dilakukan pengujian dihaluskan dan diratakan permukaannya terlebih dahulu agar kemudian dapat dilihat struktur mikronya.
- b) Setelah itu permukaan yang telah selesai dihaluskan dan diratakan kemudian di etsa dengan menggunakan alkohol 95% dan HNO_3 (*nitric Acid*) benda di celupkan selama kurang lebih 5 menit kemudian di bilas dengan menggunakan alkohol dan dikeringkan.
- c) Benda uji yang telah di etsa diletakkan diatas landasan (*anvil*) tegak lurus dengan lensa mikroskop.
- d) Pembesaran yang dipakai 500 X dan 1000X
- e) Menaikkan landasan atau digeser sampai benda uji terfokus ke lensa dan mendapatkan hasil gambar yang bagus, setelah fokus kemudian dilakukan pemotretan

- f) Pemotretan (pengambilan gambar) dilakukan pada tiga lokasi berbeda pada satu permukaan saja yaitu logam induk, HAZ, dan daerah las.
- g) Setelah selesai pemotretan benda kerja dilepas dari landasan.

2.8 Pengaruh Layer

2.8.1 Single Layer



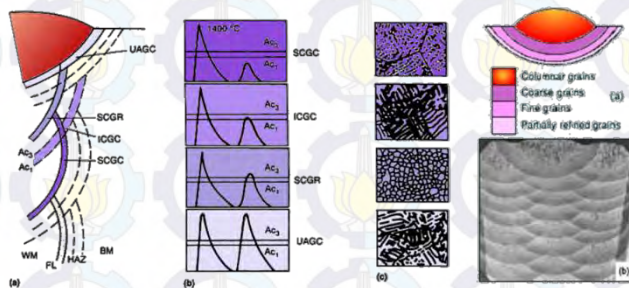
Gambar 2.17 Karakteristik Sambungan Las Pada Single Layer

Gambar diatas merupakan struktur dari hasil pengelasan *single layer*. Dapat dilihat bahwa kekuatan pada daerah *weld metal* lebih rendah daripada daerah HAZ maupun *base metal*. Sehingga apabila dilakukan pengujian tarik , maka daerah patahan akan berada pada *weld metal* tersebut. Untuk menghindari patahan pada daerah *weld metal* maka diperlukan perbaikan pada WPS pengelasan, sehingga nantinya apabila dilakukan pengujian tarik maka daerah patahan akan bergeser ke

daerah HAZ. Sehingga dapat dikatakan sambungan las lolos uji, karena tidak patah pada daerah *weld metal*.

2.8.2 Multilayer

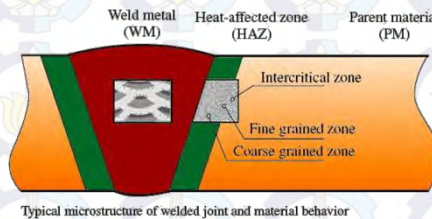
Pengelasan *multilayer* merupakan pengelasan berulang yang dilakukan pada suatu material yang memiliki ketebalan tertentu sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengelasan satu layer. Adanya pengelasan *multilayer* yang dilakukan pada setiap sambungan memberikan pengaruh terhadap laju pendinginan. Laju pendinginan yang terjadi dengan pengelasan *multilayer* yang diberikan memperkecil adanya gradien temperatur pada saat terjadi proses pembekuan. Semakin banyak *layer* maka laju pendinginan semakin lambat. Karena laju pendinginan lambat, pembentukan tegangan sisa dan fasa-fasa getas sangat minim. Dengan sedikitnya tegangan sisa dan fasa-fasa getas maka, kekuatan tarik sambungan akan semakin tinggi dan nilai kekerasan akan menurun karena material bersifat *ductile*.



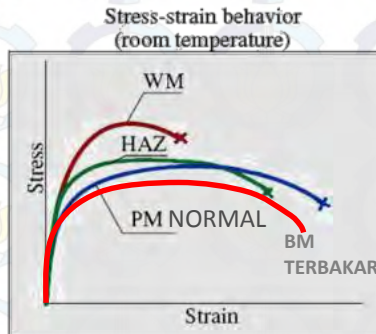
Gambar 2.18 Pengelasan Multi Layer

Pengelasan pelat datar sering menggunakan *single layer* dan *multi layer*. Pengelasan *single layer* sering digunakan untuk pelat tipis. Dan pengelasan *multi layer* digunakan untuk pelat yang tebal. Pengelasan *multi layer* sering digunakan untuk konstruksi dengan keuletan sambungan yang tinggi. Pada pengelasan *multilayer*, *layer* kedua akan memberikan

efek *postheat* pada layer sebelumnya dan *preheat* bagi layer sesudahnya. Pengelasan *multi layer* juga akan memberikan efek tempering pada daerah HAZ, akibat panas dari layer berikutnya. Efek *preheat* dan tempering dapat mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan pada hasil las. Adanya *preheat* untuk mencegah terbentuknya *martensit* yang bersifat getas pada daerah *weld metal*, sedangkan adanya *postheat* untuk memperbaiki struktur *weld metal* apabila terjadi *martensit*. Dengan kata lain pada *multilayer* tidak terbentuk *martensit*.



Gambar 2.19 Hasil Pengelasan Multi Layer



Gambar 2.20 Grafik Kekuatan Material Hasil Multi Layer

Pada grafik dapat dilihat bahwa kekuatan material pada daerah *weld metal* paling tinggi daripada HAZ dan *base metal*. Hal ini merupakan efek dari multi layer yang disebabkan oleh efek *preheat* dan *postheat* pada pengelasan. Jika pada single layer patahan antara *weld metal* dan HAZ,

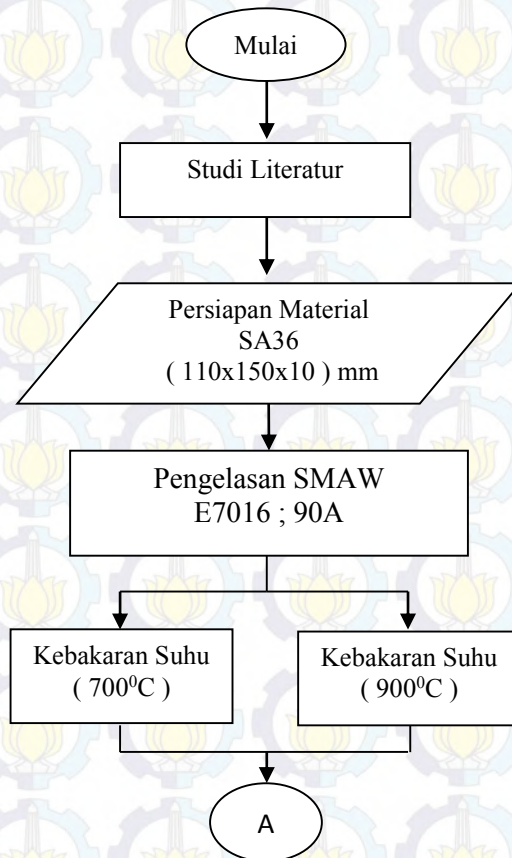
maka pada multi layer ini *weld metal* daerah terkuat sehingga patahan akan berada pada daerah HAZ , dan bisa memungkinkan akan patah pada daerah *base metal*.

Apabila dilakukan pengelasan dengan penggunaan filler yang nilainya sama nilai kekuatan base metal, maka patahan berada pada daerah HAZ. Tetapi jika penggunaan filler yang nilainya diatas *base metal* maka patah akan bergeser ke daerah *base metal*, ditambah lagi jika *base metal*nya pernah terbakar sehingga kekuatan material *base metal* terbakar akan lebih rendah daripada *base metal* normal seperti ditunjukkan garis pada grafik di atas.

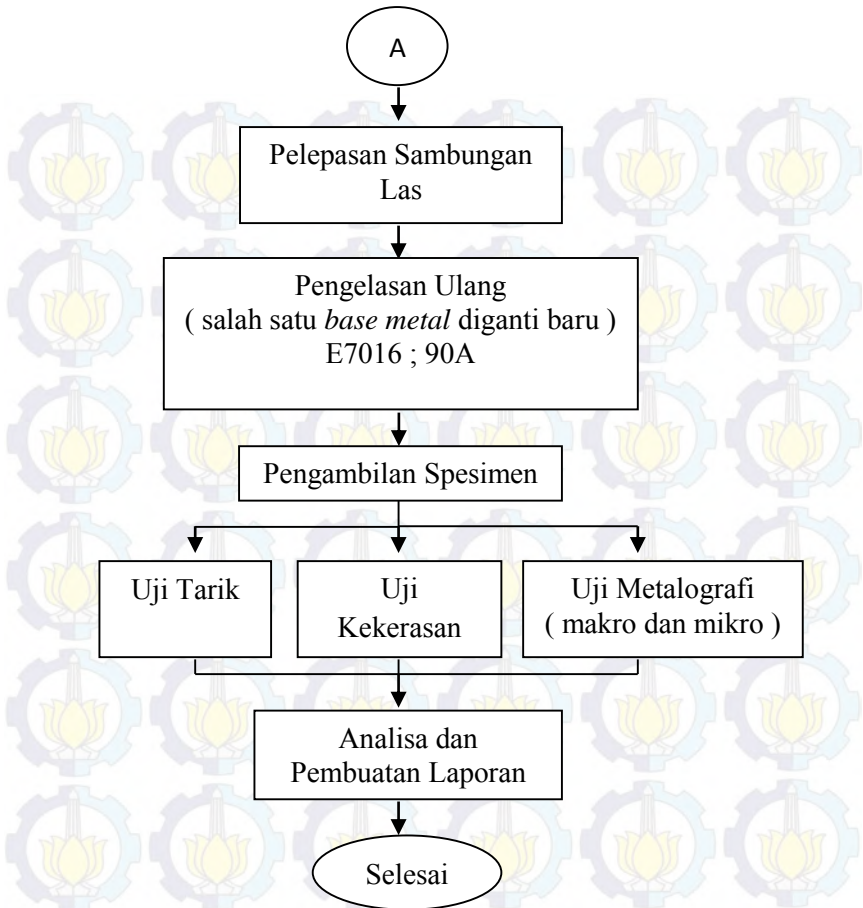
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flow Chart* Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Diagram



Gambar 3.2 *Flow Chart* Diagram (Lanjutan)

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester gasal tahun ajaran 2015/2016 yaitu pada bulan September sampai dengan Januari 2016.

3.3 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium uji bahan dan laboratorium teknik pengelasan D3 Teknik Mesin FTI-ITS

3.4 Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan penelitian ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang perlakuan panas yaitu seolah olah seperti kebakaran, serta pengujiannya pada sifat mekanis dan ketangguhannya, langkah selanjutnya yaitu melakukan percobaan pada benda uji. Untuk memperjelas, berikut tahapan tahapan yang akan dilakukan.

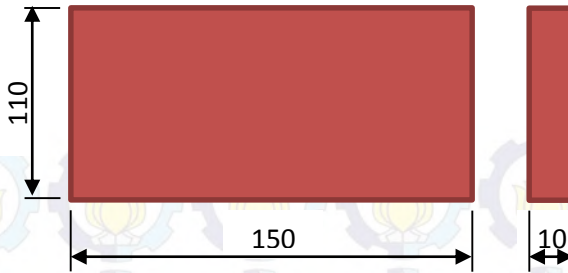
Tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.4.1 Studi Literatur

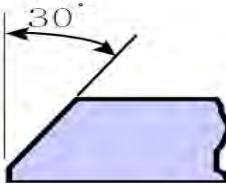
Tahapan studi literatur adalah untuk mempelajari dan membahas teori-teori yang dibutuhkan untuk mengerjakan penelitian ini. Selain itu juga melakukan pengambilan data melalui buku dan internet.

3.4.2 Persiapan material

Material yang digunakan adalah S436 dengan dimensi 110 mm x 150 mm dan tebal 10 mm. Material tersebut disambung dengan kampuh V menggunakan sudut 60°



Gambar 3.3 Gambar Material SA 36



Gambar 3.4 Sudut Bevel Yang Digunakan

3.4.3 Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan SMAW ($DC+$, $DC-$) posisi $1G$. Pengelasan pada plat menggunakan jenis elektroda, yaitu E 7016 untuk tembusan (*root pass*) dan E 7016 (*fill cover*) untuk pengisian pada layer berikutnya. Diameter elektroda E 7016 sebesar 26 mm. Arus yang digunakan pada saat pengelasan SMAW adalah 90 A.

Tabel 3.1 Logam Induk Dan Pengisi E7016

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	SA 36
P-N0	1 group 2
Tebal	10 mm
Weld metal analysis A.no	*)
Spesification (SFA)	5.5
AWS Classification	E 7016 (<i>root pass</i>) dan E 7016 (<i>fill and cover</i>)
Filler metal Dia, mm	2,6mm dan 2,6mm
Posisi pengelasan	1G

Tabel 3.2 Parameter Pengelasan

Parameter	Layer	
Number/pass	1(<i>Root</i>)	2-4(<i>fill & Cover</i>)
Proses	SMAW	SMAW
Travel speed,mm/s	1.5	1.6
Amperage	90	90
Voltage	27	27
Electrode diameter,mm	2.6	2.6

Tabel 3.3 Heat Input

Layer	Ampere (I)	Voltase (V)	Travel speed (v)	H.input (J/mm)
1 (<i>root</i>)	90	27	1,5	1445
2-4 (<i>fill</i>)	90	27	1,3	1667,3



Gambar 3.5 Proses Pengelasan



Gambar 3.6 Tank Ampere

3.4.4 Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas dilakukan pada saat benda kerja yang telah disambung menggunakan proses pengelasan SMAW dengan temperatur 700°C dan 900°C. Proses perlakuan panas ini sendiri dilakukan sebagai simulasi suhu kebakaran yang seandainya terjadi pada pelat SA36.

3.4.5 Pelepasan Sambungan Las

Setelah pelat melalui proses perlakuan panas selanjutnya pelat akan dilepas sambungannya sebagaimana simulasi dari kebakaran yang terjadi sehingga membuat sambungan rusak hingga akhirnya sambungan putus.



Gambar 3.7 Pelepasan Sambungan Las Awal

3.4.6 Pengelasan Ulang

Setelah sambungan las tadi dilepas sampai benar benar putus, proses selanjutnya yaitu dilakukannya pengelasan ulang dengan mengganti 1 *base metal* pelat setiap parameter suhu dengan pelat SA36 baru / pelat tanpa perlakuan panas. Ini

dilakukan sebagaimana simulasi ketika terjadi suatu kebakaran sambungan las akan rusak selanjutnya apabila *base metal* yang sabungannya rusak tadi dilakukan pengelasan ulang dengan mengganti salah satu *base metal* dengan pelat baru bagaimana sifat mekaniknya.

3.4.7 Pengambilan Test Piece

Untuk pengambilan spesimen, dilakukan dengan memperhitungkan jumlah pengujian yang akan digunakan. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah Uji Tarik (*Tensile Test*), Uji Kekerasan (*Hardness*), dan Uji *Metalography*(*Makro dan Mikro*)

1. Uji Tarik (*Tensile Test*)

Untuk pengujian tarik dilakukan pengambilan spesimen total 6 spesimen yang akan diuji masing-masing yaitu 3 spesimen untuk suhu 700°C dan 3 spesimen untuk suhu 900°C. Untuk dimensi spesimen disesuaikan dengan *ASME 2010 Section IX* untuk pengujian *tarik*.

Langkah-langkah pengujian :

- 1) Persiapan specimen
 - Ambil spesimen dan jepit pada ragum
 - Bersihkan bekas-bekas machining dengan kikir
 - Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen
- 2) Pengukuran dimensi
 - Ambil spesimen ukur dimensinya
 - Catat dan beri kode untuk masing -masing specimen.
 - Lakukan langkah diatas untuk seluruh specimen

3) Pengujian pada spesimen.

- Mencatat data mesin pada benda kerja.
- Penempatan bandul pada posisi awal.
- Atur jarum penunjuk pada posisi 0.
- Ambil specimen dan letakkan pada tempatnya.
- Amati datanya dan catat.
- Ulangi langkah diatas unruk seluruh specimen.

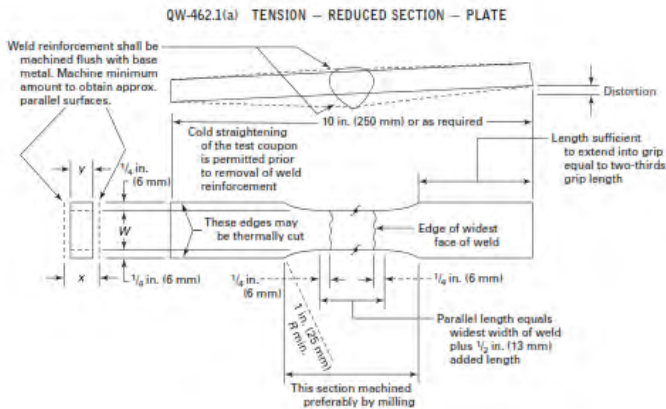
2010 SECTION IX

QW-462 Test Specimens

The purpose of the QW-462 figures is to give the manufacturer or contractor guidance in dimensioning test specimens for tests required for procedure and performance qualifications. Unless a minimum, maximum, or tolerance is given in the figures (or as QW-150, QW-160, or QW-180

requires), the dimensions are to be considered approximate. All welding processes and filler material to be qualified must be included in the test specimen.

T = coupon thickness excluding reinforcement
 W = specimen width, $\frac{1}{4}$ in. (19 mm)
 x = coupon thickness including reinforcement
 y = specimen thickness



Gambar 3.8 Dimensi Specimen Tarik ASME 2010 Section IX

Berikut spesimen bahan pengujian Tarik :



Gambar 3.9 Spesimen *Tensile Test* Suhu 700°C



Gambar 3.10 Spesimen *Tensile Test* Suhu 900°C

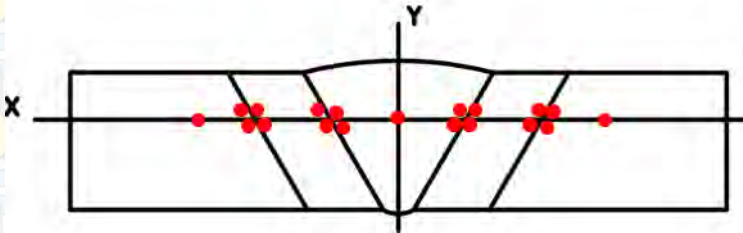
2. Uji Kekerasan (*Hardness*)

Dalam pengujian kekerasan bertujuan untuk mencari titik pasti batas antara *base metal* dengan HAZ dan batas antara HAZ dengan *weld metal*. Sehingga jumlah spesimen yang diuji adalah 2 masing masing spesimen diambil 19 titik yaitu, 1 base metal, 4 perbatasan *base metal* dengan HAZ, 4 titik HAZ dengan *weld metal* dan 1 titik di *weld metal*.



Gambar 3.11 Alat Uji Kekerasan Rockwell

Merk : AFFRI Seri 206.RT – 206.RTS
 Loading : Maximum 100 KP
 : Minimum 10 KP
 Hrb Load : 100 KP
 Indentor : Bola Baja 1/16.



Gambar 3.12 Lokasi Indentasi Uji Kekerasan.

3. Uji *Metalography* (Makro dan Mikro)

Untuk proses *Metalography* test dibagi menjadi 2 yaitu pengamatan *Makro test* dan *Mikro test*.

- Makro test
Bertujuan melihat secara visual hasil dari proses pengelasan setelah dilakukan pengetsaan, proses

pengetsaan yaitu cairan alkohol 95%+HNO₃5%, maka bagian Weld Metal, HAZ, dan Base metal akan terlihat.

- Mikro test
Bertujuan untuk melihat struktur kristal logam pada daerah pertabatan *base metal* dengan HAZ dan perbatasan HAZ dengan *weld metal*.

Berikut alat dan bahan yang digunakan untuk pengetsaan bendu uji (*Test Piece*) :



Gambar 3.13 Alat Dan Bahan Untuk Proses Etsa



Gambar 3.14 Larutan Etsa (Alkohol+HNO₃)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh perbedaan variasi kebakaran suhu 700°C dan 900°C yang disambung dengan *base metal* tanpa proses kebakaran pada baja SA36 melalui 3 pengujian , yaitu *Tensile Test* , *Hardness Test*, *Metalography Test*.

4.1 *Tensile Test* (Uji Tarik)

Pada pengujian tarik ini digunakan 9 spesimen berdasarkan variasi suhu , yaitu 3 spesimen untuk suhu kebakaran 700°C , 3 spesimen untuk suhu kebakaran 900°C serta 3 data spesimen awal sebelum kebakaran sehingga didapat hasil sebagai berikut :

4.1.1 Tegangan Tarik

Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik

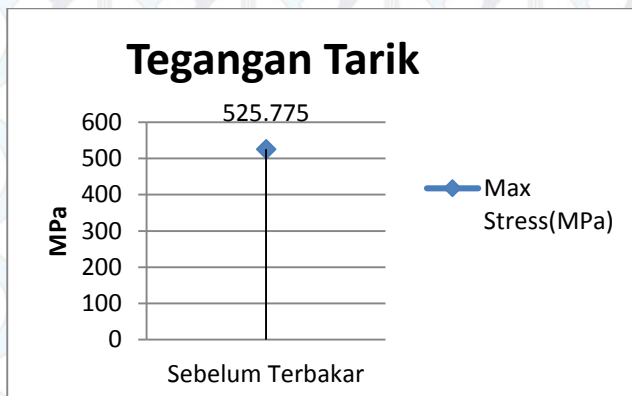
Spesimen	Yield Force (kN)	Yield Stress (MPa)	Max Force (kN)	Luas Area (mm ²)	Max Stress (MPa)
Sebelum Terbakar	63.94	399.94	82.67	159.88	517.05
	73.54	407.02	95.07	180.69	526.13
	70.02	389.97	94.34	179.55	525.42
Rata - rata	71.78	398.495	94.705	180.12	525.775

Data diatas didapat dari Fahrudy Dwi W. :2016. “*Pengaruh Variasi Ampere 90 Dan 110 Terhadap Sifat Mekanik Material SA36 Yang Disambung Dengan Metode Pengelasan SMAW*”.

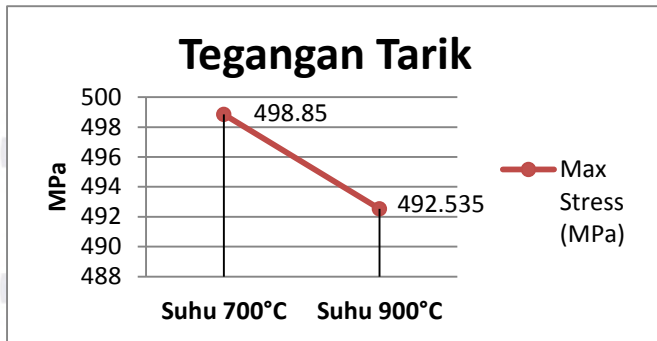
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik

Spesimen	Yield Force (kN)	Yield Stress (MPa)	Max Force (kN)	Luas Area (mm ²)	Max Stress (MPa)
700°C	64.92	359.12	89.98	180.785	497.73
	64.97	356.56	89.53	182.21	491.34
	65.81	364.76	91.55	180.405	507.48
Rata – rata	65.233	360.145	90.356	181.13	498.85
900°C	77.89	389.88	98.24	199.785	491.70
	57.04	358.66	75.36	159.03	473.90
	72.81	368.65	97.44	197.505	493.37
Rata – rata	75.35	379.265	97.84	198.645	492.535

Jika dilihat dari tabel antara hasil uji material sebelum terbakar, dan material setelah kebakaran suhu 700°C dan suhu 900°C dapat dilihat grafiknya seperti di bawah.



Gambar 4.1 Grafik Rata – rata Tegangan Tarik Pada Spesimen Sebelum Terbakar

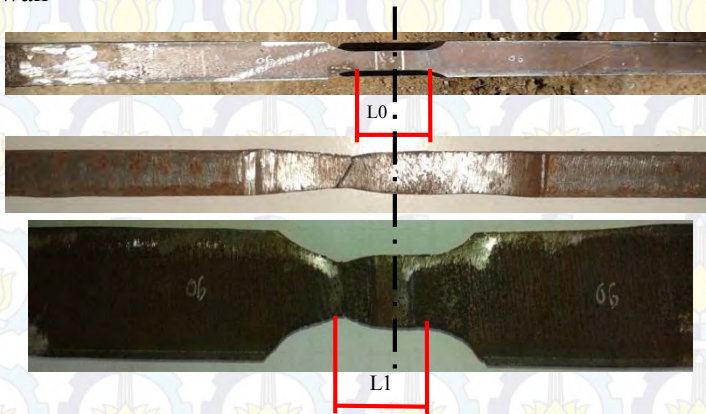


Gambar 4.2 Grafik Rata – rata Tegangan Tarik Pada Spesimen Suhu 700°C dan 900°C

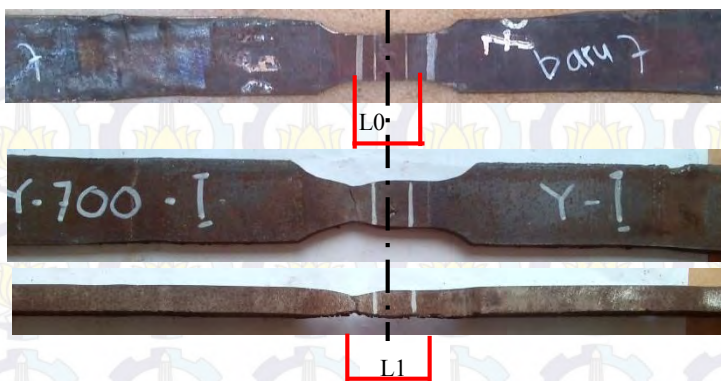
Jadi jika dilihat dari grafik di atas bahwa tegangan tarik terbesar berada pada spesimen dengan suhu kebakaran 700°C yaitu 498.85 MPa.

4.1.2 Regangan

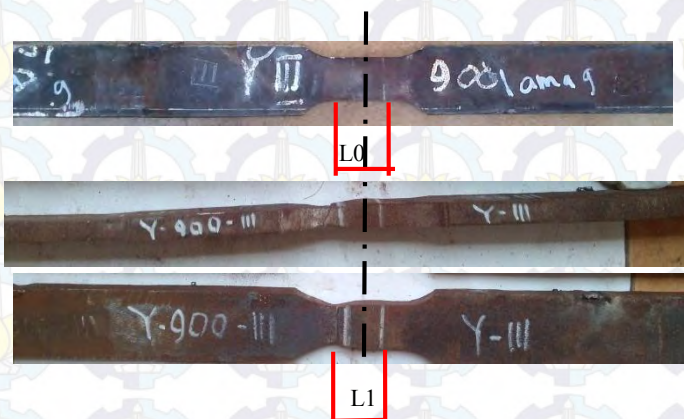
Untuk mencari regangan maka dapat dilihat pada gambar di bawah



Gambar 4.3 Panjang l_0 dan Panjang l_1 Sebelum Terbakar



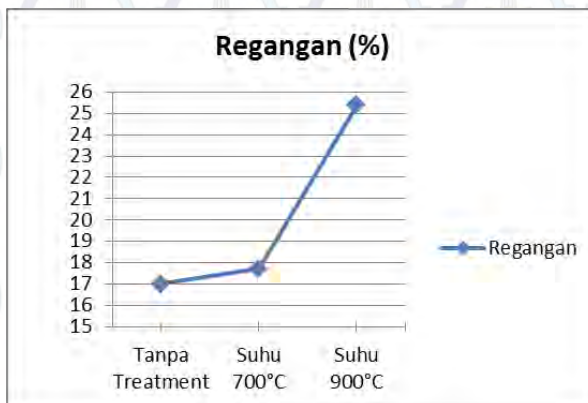
Gambar 4.4 Panjang l_0 dan Panjang l_1 Suhu 700°C



Gambar 4.5 Panjang l_0 dan Panjang l_1 Suhu 900°C

Tabel 4.3 Nilai Regangan

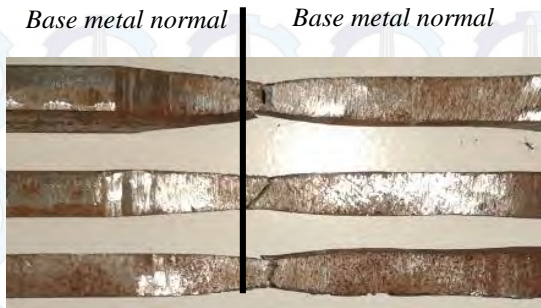
Suhu	L0 (mm)	L1 (mm)	ΔL (mm)	ϵ (%)
Sebelum Terbakar	27	32.4837	5.4837	20.31
	27	31.845	4.8465	17.95
	27	31.3362	4.3362	16.06
Rata - rata				17.005
700	27	32.624	5.6241	20.83
	27	31.514	4.5144	16.72
	27	31.199	4.19585	15.55
Rata - rata				17.7
900	27	33.993	6.993	25.9
	27	34.167	7.1685	26.55
	27	33.407	6.4071	23.73
Rata - rata				25.39



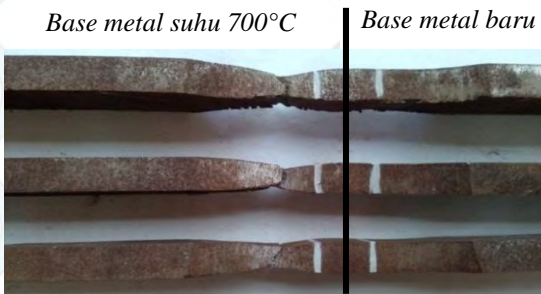
Gambar 4.6 Grafik Regangan

Jadi dari grafik di atas regangan terbesar terjadi pada material yang terkena kebakaran suhu 900°C yaitu sebesar 25.39%

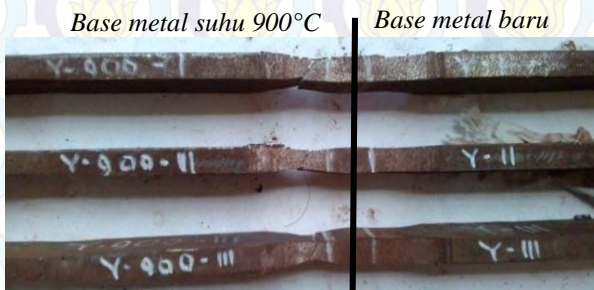
4.1.3 Bentuk Patahan



Gambar 4.7 Bentuk Patahan Spesimen Sebelum Terbakar



Gambar 4.8 Bentuk Patahan Spesimen Suhu 700°C



Gambar 4.9 Bentuk Patahan Spesimen Suhu 900°C

Dari gambar diatas, dilihat dari bentuk putusnya dapat dikatakan bahwa material SA36 bersifat *ductile*.

4.1.4 Daerah Patahan

Base metal normal

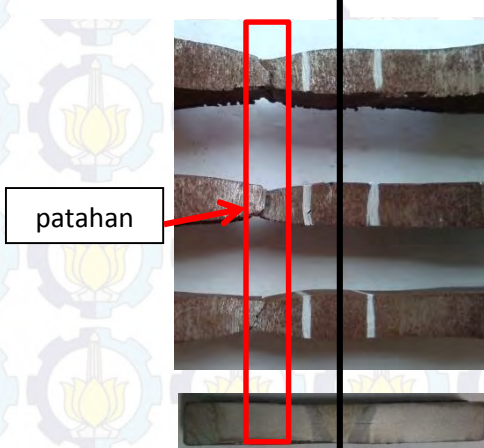
Base metal normal



Gambar 4.10 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Sebelum Terbakar

Base metal suhu 700°C

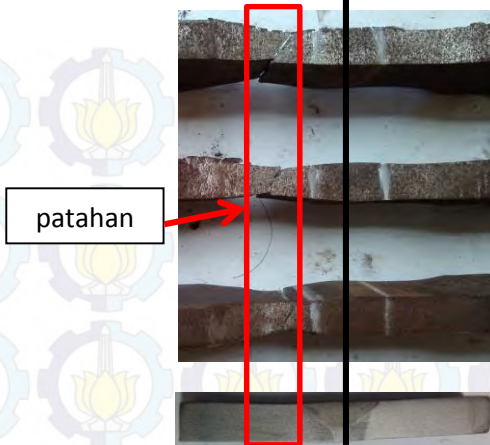
Base metal baru



Gambar 4.11 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Kebakaran Suhu 700°C

Base metal suhu 700°C

Base metal baru



Gambar 4.12 Daerah Patahan Terletak Pada Base Metal Untuk Spesimen Kebakaran Suhu 900°C

Dari hasil pengujian didapatkan daerah patahan semua spesimen terdapat pada *base metal* yang telah terkena kebakaran karena adanya *multi layer* pada daerah *weld metal* sehingga kekuatan daerah *weld metal* meningkat, sedangkan pada daerah *base metal* yang telah terbakar mengalami penurunan kekuatan dibandingkan *base metal* normal yang tidak terkena kebakaran.

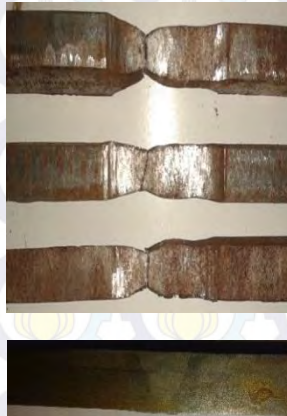
Sedangkan kekuatan tarik pada spesimen antara suhu kebakaran 700°C dan suhu 900°C didapatkan hasil bahwa tegangan tarik lebih besar terjadi pada spesimen dengan suhu kebakaran 700°C yaitu 498.85 MPa.

4.2 Hardness Test (Uji Kekerasan)

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen sebanyak 3x pengujian di garis yang sama dengan menggunakan 3 bidang spesimen.

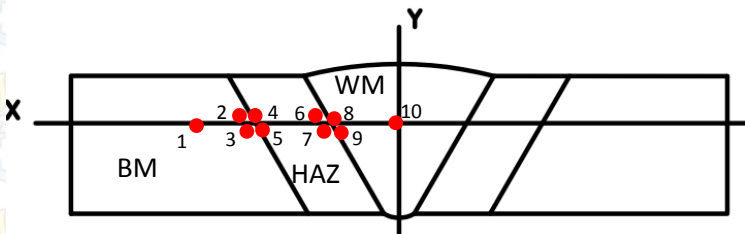
4.2.1 Nilai Kekerasan

1. Sebelum Kebakaran



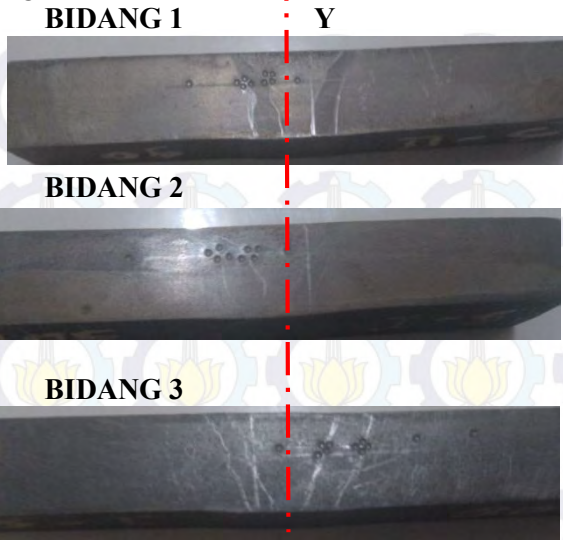
Gambar 4.13 Daerah Acuan Titik Indentasi Uji Kekerasan Material Sebelum Terbakar

Dari acuan diatas maka bentuk pengujian kekerasan pada spesimen menggunakan letak indentasi seperti gambar di bawah :



Gambar 4.14 Letak Titik Yang Akan Diuji

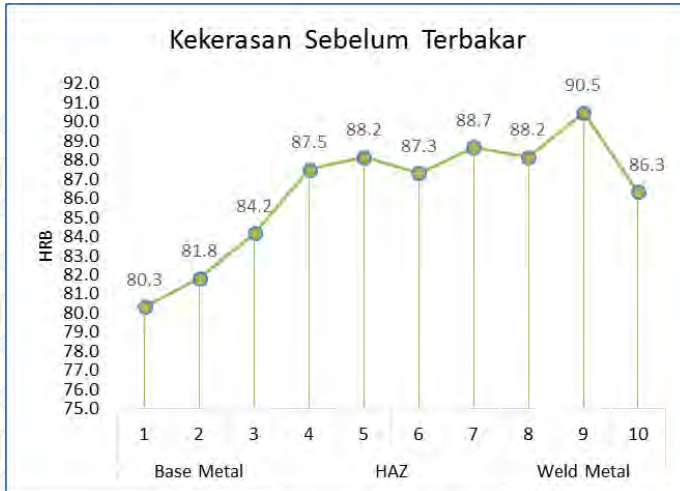
Untuk lebih jelasnya letak indentasi pada spesimen dapat dilihat di gambar di bawah



Gambar 4.15 Bidang Hasil Indentasi Spesimen Sebelum Terbakar

Tabel 4.4 Nilai Kekerasan Sebelum Terbakar

Daerah	Titik ke-	Bidang 1	Bidang 2	Bidang 3	Rata-rata
Base Metal	1	79	80	82	80.3
	2	82	81	82.5	81.8
	3	84	84	84.5	84.2
HAZ	4	88	89	85.5	87.5
	5	87.5	88.5	88.5	88.2
	6	87.5	87	87.5	87.3
	7	88	90	88	88.7
Weld Metal	8	88	89	87.5	88.2
	9	90	92	89.5	90.5
	10	86	87	86	86.3



Gambar 4.16 Grafik Kekerasan Sebelum Terbakar

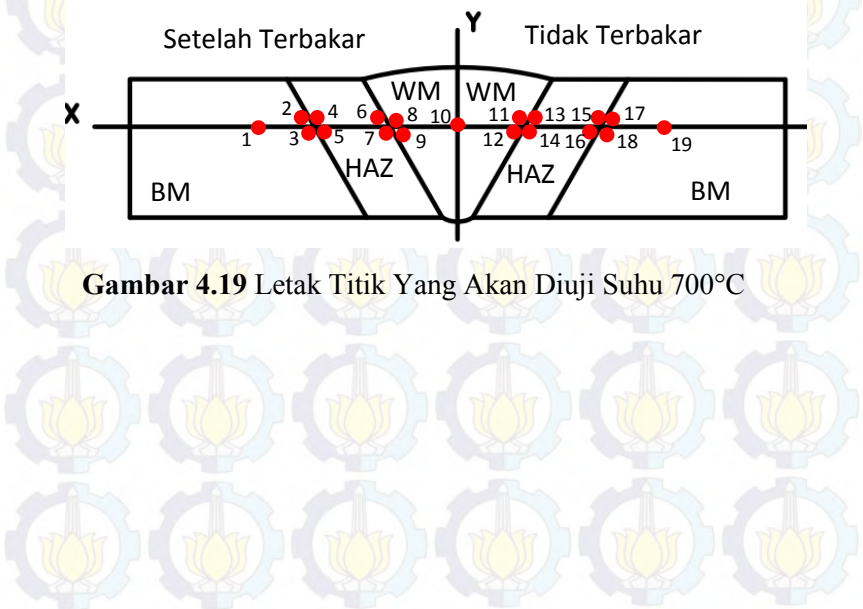
2. Kebakaran Suhu 700°C



Gambar 4.17 Daerah Acuan Titik Indentasi Uji Kekerasan Suhu 700°C



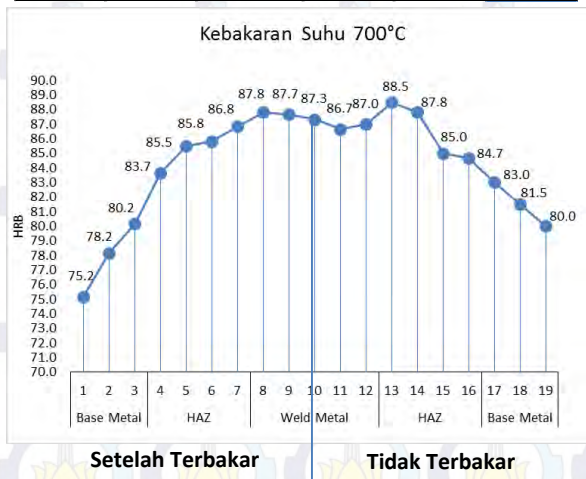
Gambar 4.18 Bidang Hasil Indentasi Suhu 700°C



Gambar 4.19 Letak Titik Yang Akan Diuji Suhu 700°C

Tabel 4.5 Nilai Kekeraan Pada Suhu 700°C

Daerah	Titik ke-	Bidang 1	Bidang 2	Bidang 3	Rata-rata
Base Metal	1	76	74.5	75	75.2
	2	77	81.5	76	78.2
	3	82.5	80	78	80.2
HAZ	4	85	84	82	83.7
	5	85.5	86	85	85.5
	6	84	89	84.5	85.8
Weld Metal	7	86.5	87	87	86.8
	8	90	86	87.5	87.8
	9	89	85	89	87.7
	10	87	88	87	87.3
	11	85.5	88	86.5	86.7
HAZ	12	87	90	84	87
	13	89	86.5	90	88.5
	14	88	86.5	89	87.8
	15	82	87.5	84.5	84.7
Base Metal	16	82.5	85	86.5	84.7
	17	85	80.5	83.5	83
	18	82.5	79	82	81.2
	19	81	77	80	79.3

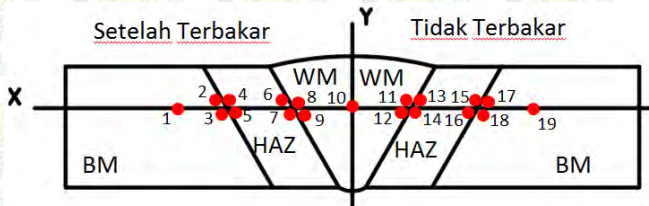


Gambar 4.20 Grafik Kekerasan Kebakaran Suhu 700°C

3. Kebakaran Suhu 900°C



Gambar 4.21 Daerah Acuan Titik Indentasi



Gambar 4.22 Letak Titik Yang Akan Diuji Suhu 900°C

BIDANG 1



BIDANG 2



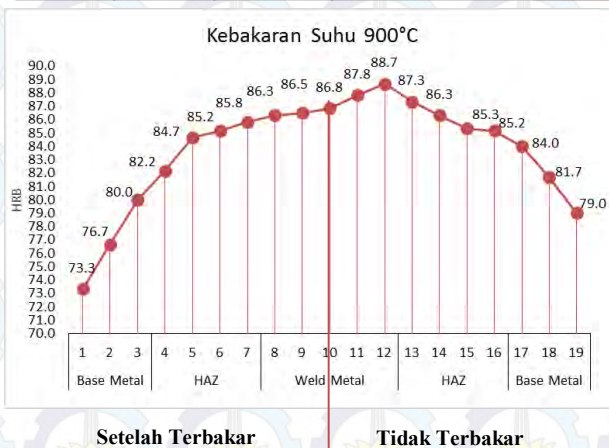
BIDANG 3



Gambar 4.23 Bidang Hasil Indentasi

Tabel 4.6 Nilai Kekeraan Pada Suhu 900°C

Daerah	Titik ke-	Bidang 1	Bidang 2	Bidang 3	Rata-rata
Base Metal	1	73	72	75	73.3
	2	75	79	76	76.7
	3	82	80	78	80
HAZ	4	80.5	84	82	82.2
	5	86	83	85	84.7
	6	86	85	84.5	85.2
	7	85	86	86.5	85.8
Weld Metal	8	86.5	86	86.5	86.3
	9	85.5	87.5	86.5	86.5
	10	85	87	88.5	86.8
	11	83	88	92.5	87.8
HAZ	12	88	87.5	90.5	88.7
	13	85	86.5	88.5	86.7
	14	86	84	87	85.7
	15	84	86	88.5	86.2
Base Metal	16	82.5	85	88	85.2
	17	83.5	83	85.5	84
	18	82	80	83	81.7
	19	78	79	80	79

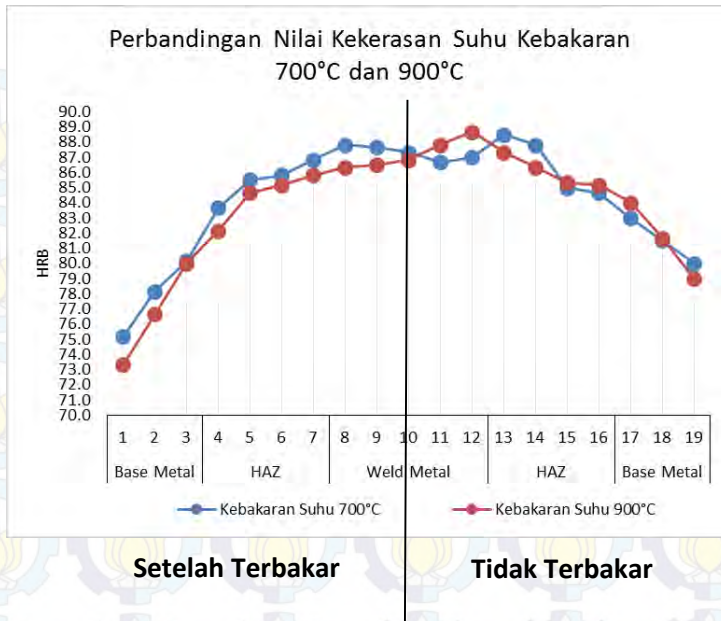


Gambar 4.24 Grafik Kekerasan Kebakaran Suhu 900°C

Dari rata-rata nilai kekerasan antara spesimen kebakaran suhu 700°C dan suhu 900°C dapat dijadikan grafik seperti gambar di bawah :

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai kekerasan

Daerah	Titik ke-	Suhu 700°C (HRB)	Suhu 900°C (HRB)
Base Metal	1	75.2	73.3
	2	78.2	76.7
	3	80.2	80.0
HAZ	4	83.7	82.2
	5	85.5	84.7
	6	85.8	85.2
	7	86.8	85.8
Weld Metal	8	87.8	86.3
	9	87.7	86.5
	10	87.3	86.8
	11	86.7	87.8
	12	87.0	88.7
HAZ	13	88.5	87.3
	14	87.8	86.3
	15	85.0	85.3
	16	84.7	85.2
Base Metal	17	83.0	84.0
	18	81.5	81.7
	19	80.0	79.0



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Suhu Kebakaran 700°C dan 900°C

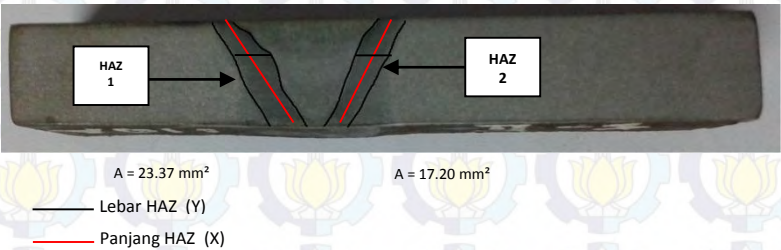
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada bagian spesimen yang pernah terbakar lebih rendah daripada bagian spesimen yang tidak terbakar.

Dapat dilihat juga bahwa setelah terjadi kebakaran, pada *base metal* mengalami penurunan nilai kekerasan yakni 81.5 HRB untuk *base metal* yang tidak terbakar menjadi 77.9 HRB untuk suhu kebakaran 700°C dan 76.7 HRB untuk suhu kebakaran 900°C.

4.3 Metalography Test (Uji Metalografi)

4.3.1 Pengujian Makro

1. Sebelum Terbakar

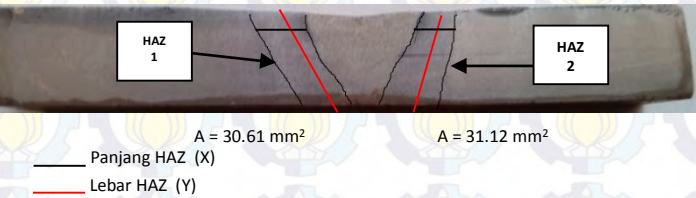


Gambar 4.26 Lebar HAZ Sebelum Terbakar

Tabel 4.8 Lebar HAZ Sebelum Terbakar

Spesimen	HAZ 1			HAZ 2		
	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)
Sebelum Terbakar	23.37	11.5	2.03	17.20	11.5	1.5

2. Kebakaran Suhu 700°C

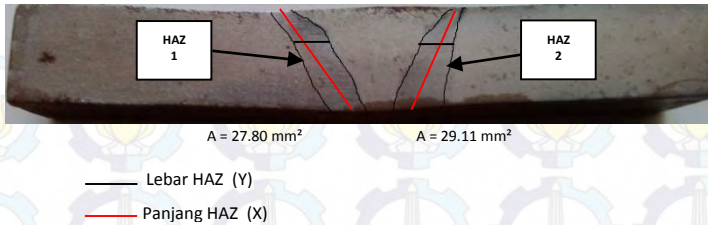


Gambar 4.27 Lebar HAZ Suhu Kebakaran 700°C

Tabel 4.9 HAZ Suhu Kebakaran 700°C

Spesimen	HAZ 1			HAZ 2		
	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)
700°C	30.61	11.5	2.66	31.12	11.5	2.71

3. Kebakaran Suhu 900°C



Gambar 4.28 Lebar HAZ Suhu 900°C

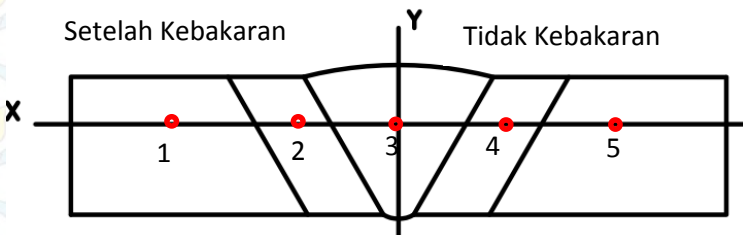
Tabel 4.10 HAZ Suhu Kebakaran 900°C

Spesimen	HAZ 1			HAZ 2		
	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)	A (mm ²)	X (mm)	Y (mm)
900°C	27.80	11.5	2.41	29.11	11.5	2.53

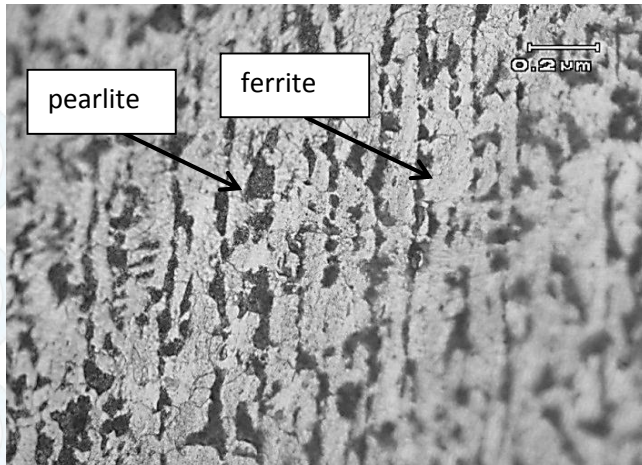
Dari data spesimen sebelum terbakar, kebakaran suhu 700°C dan suhu 900°C dihasilkan bahwa lebar daerah HAZ paling lebar di spesimen suhu kebakaran 700°C .

4.3.2 Pengujian Mikro

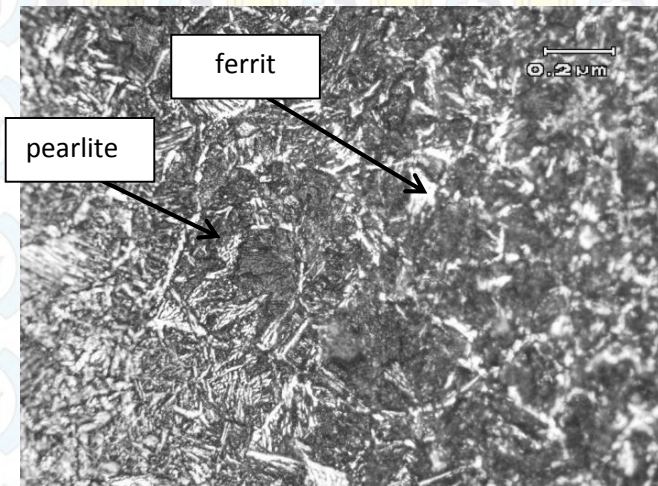
Untuk pengujian mikro sebagai acuannya yaitu dari hasil makro maka didapatkan hasil sebagai berikut



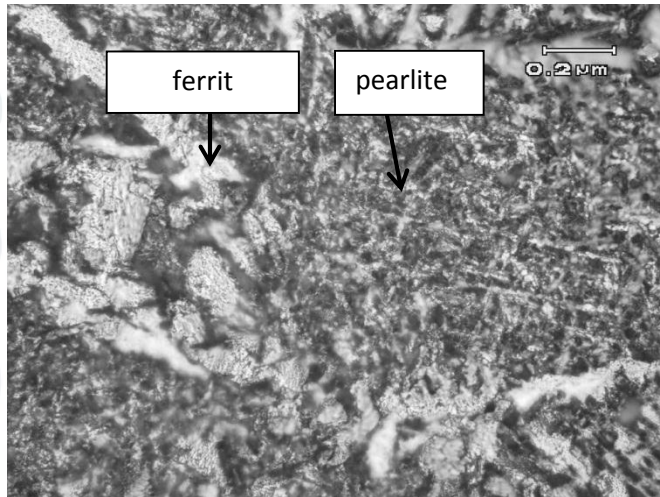
Gambar 4.29 Daerah Yang Akan Dimikroskop



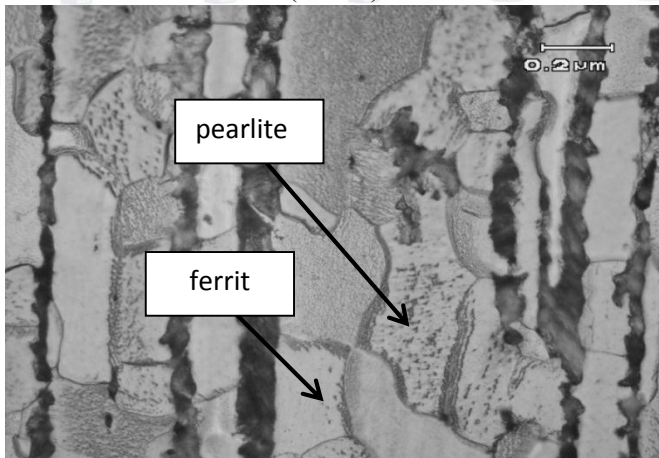
Gambar 4.30 Struktur Mikro Pada Base Metal Tidak Terbakar (1000x)



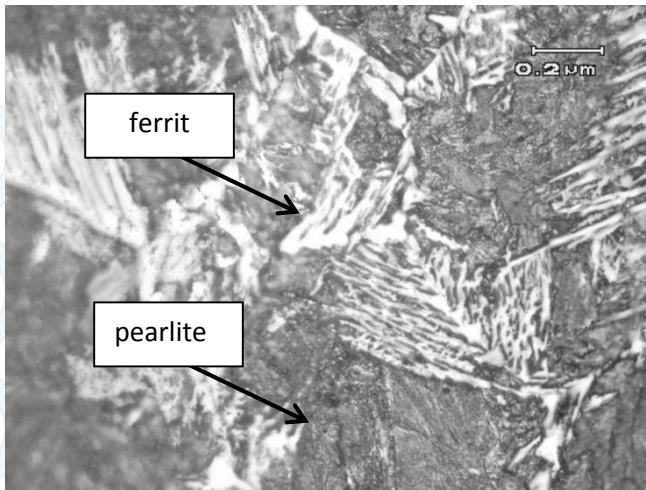
Gambar 4.31 Struktur Mikro HAZ Tidak Terbakar (1000x)



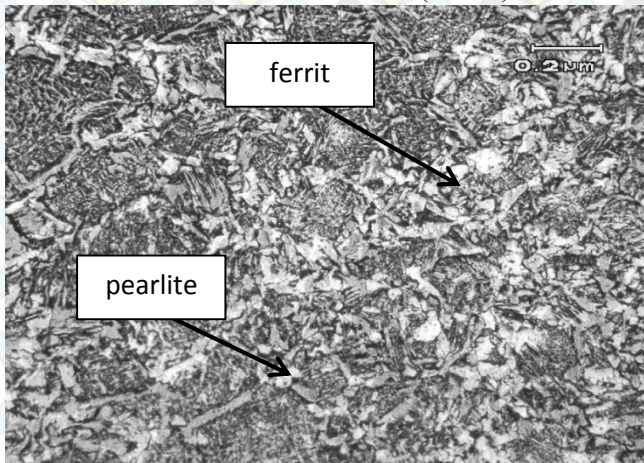
Gambar 4.32 Struktur Mikro Weld Metal Tidak Terbakar (1000x)



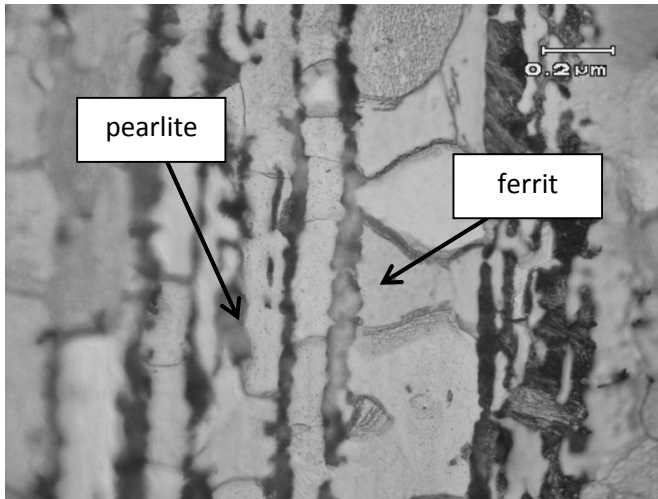
Gambar 4.33 Struktur Mikro Base Metal Kebakaran Suhu 700°C(1000x)



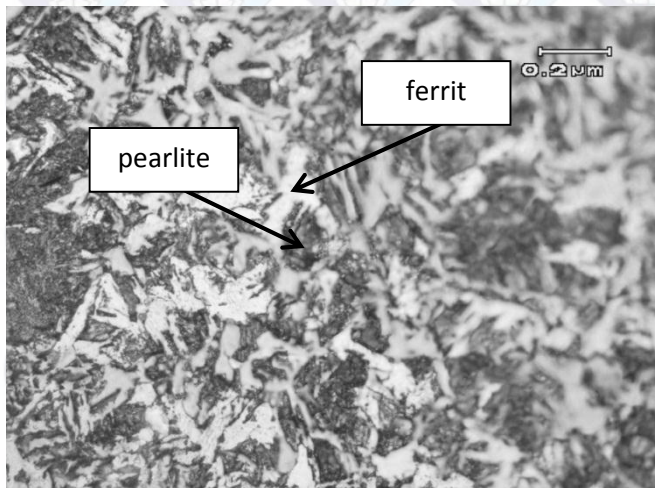
Gambar 4.34 Struktur Mikro HAZ Pada Base Metal
Kebakaran Suhu 700°C(1000x)



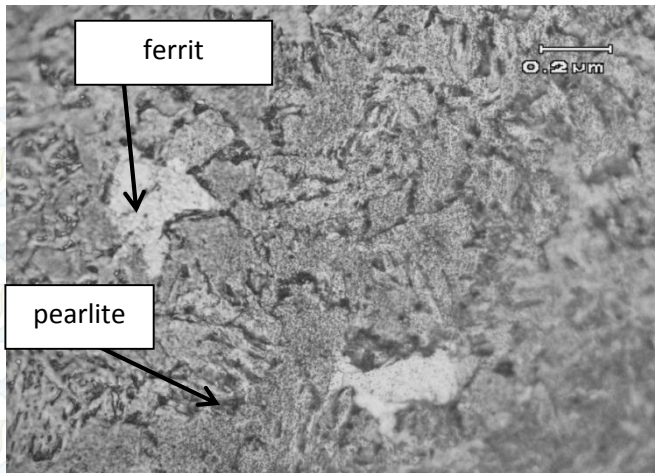
Gambar 4.35 Struktur Mikro Weld Metal Pada Base Metal
Kebakaran Suhu 700°C(1000x)



Gambar 4.36 Struktur Mikro Base Metal Kebakaran Suhu 900°C(1000x)



Gambar 4.37 Struktur Mikro HAZ Pada Base Metal Kebakaran Suhu 900°C(1000x)



Gambar 4.38 Struktur Mikro Weld Metal Pada Base Metal
Kebakaran Suhu 900°C(1000x)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari hasil uji tarik , uji kekerasan , uji metalografi dapat disimpulkan bahwa material baja SA36 yang telah terkena kebakaran suhu 700°C dan 900°C yang disambung dengan baja SA36 yang tidak terbakar adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian didapatkan bahwa daerah patahan terdapat pada *base metal* yang telah terkena kebakaran. Baja SA36 yang terbakar dengan suhu 700°C memiliki tegangan tarik lebih besar daripada baja SA36 dengan suhu kebakaran 900°C yaitu 498.85 MPa dibanding 492.535 MPa. Sedangkan dilihat dari hasil patahan pada spesimen sifat material baja SA36 ini bisa dikatakan *ductile*.
2. Berdasarkan hasil dari pengujian kekerasan, nilai kekerasan spesimen yang pernah terbakar lebih rendah daripada spesimen yang tidak terbakar. Setelah terjadi kebakaran, pada *base metal* mengalami penurunan nilai kekerasan yakni 81.5 HRB untuk *base metal* yang tidak terbakar menjadi 77.9 HRB untuk suhu kebakaran 700°C dan 76.7 HRB untuk suhu kebakaran 900°C.
3. Hasil pengujian makro untuk lebar rata – rata menunjukkan HAZ lebih lebar pada spesimen yang telah terbakar 700°C yaitu 2.66mm. Sedangkan struktur mikro pada material terdapat *ferrit* dan *pearlit*.

5.2 Saran

1. Suhu pada saat pengisian layer tidak terkontrol sehingga satu layer memungkinkan mengalami panas yang tidak merata.

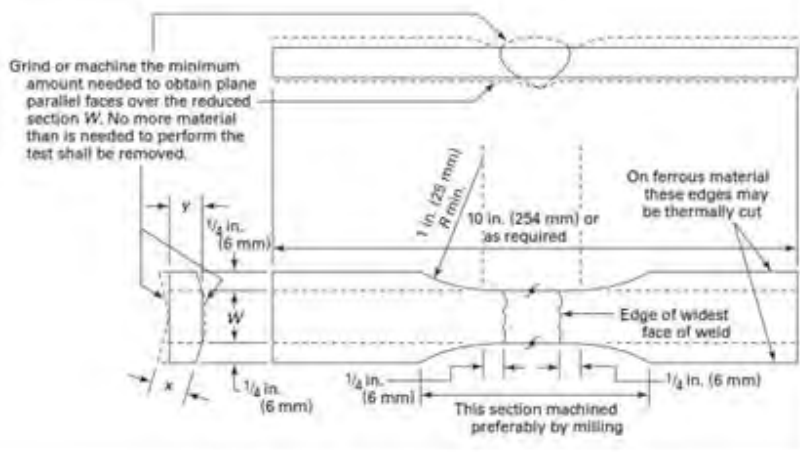
Lampiran 1

Tabel: skala kekerasan *rockwell b*

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

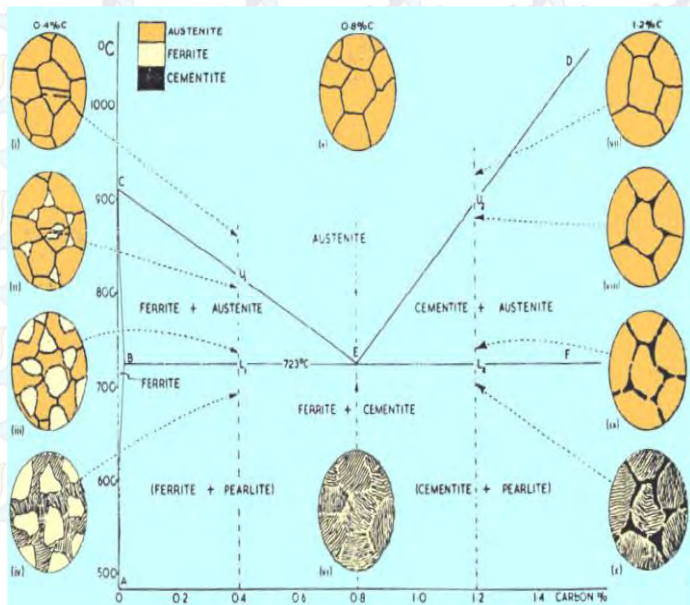
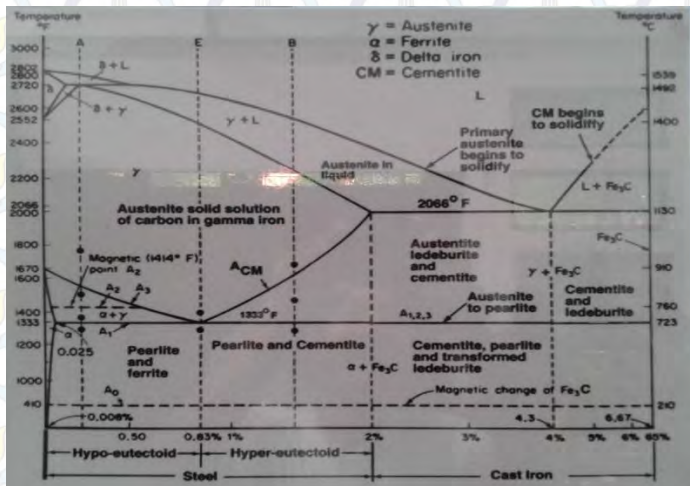
Lampiran 2

Tensile- Reduced Section – Plate



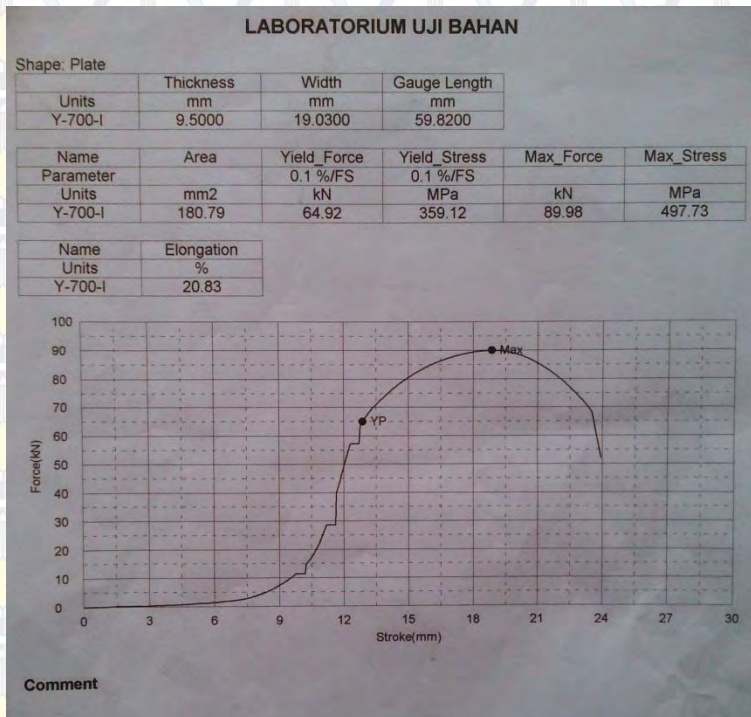
Lampiran 3

Diagram Fe_3C

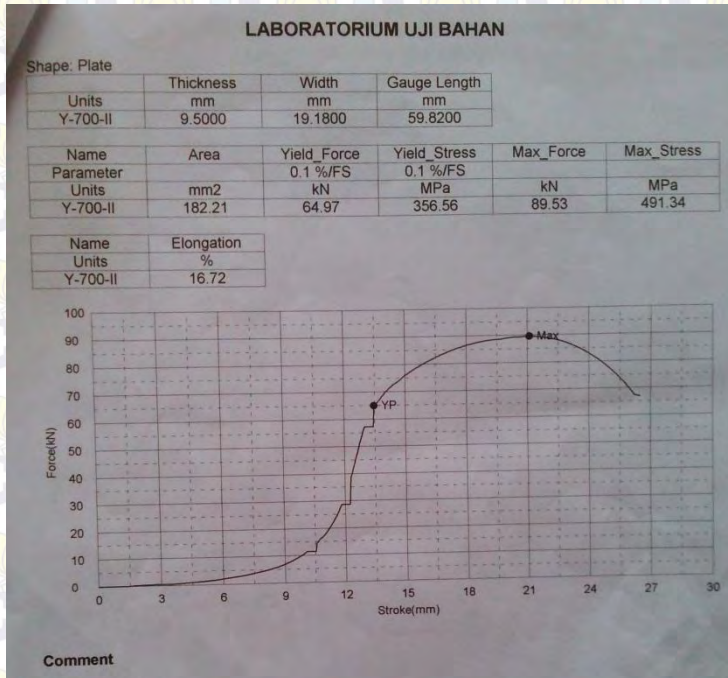


Lampiran 4

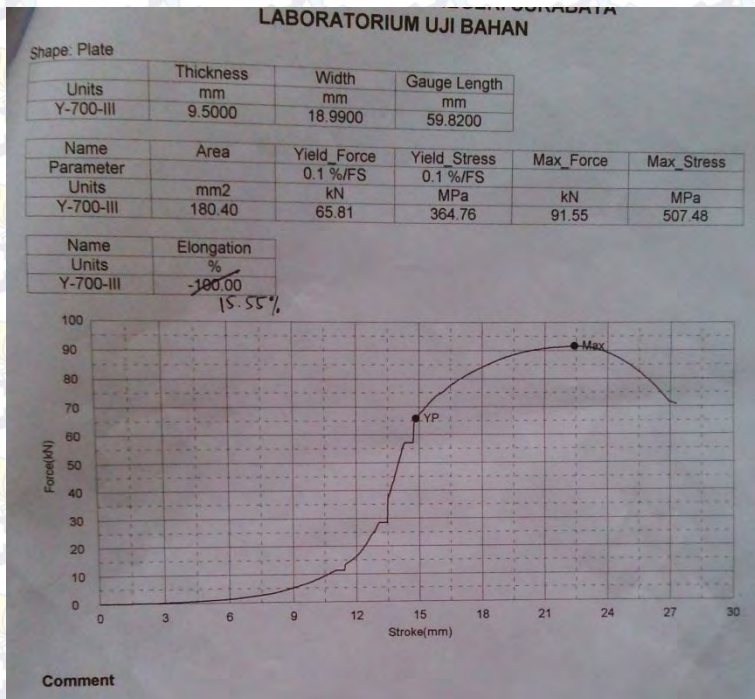
Hasil uji tarik spesimen 700



Hasil uji tarik spesimen 700 (lanjutan)

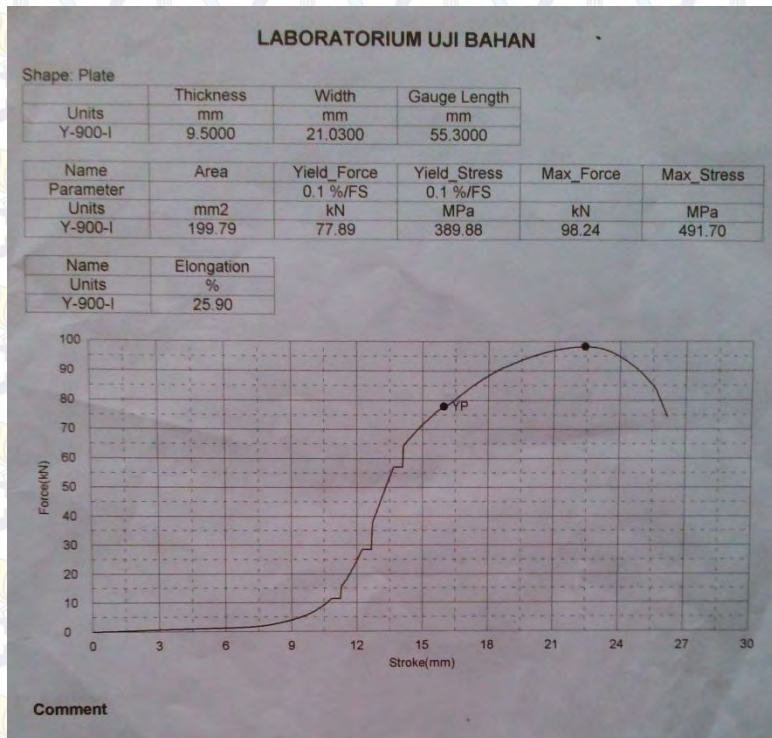


Hasil uji tarik spesimen 700 (lanjutan)

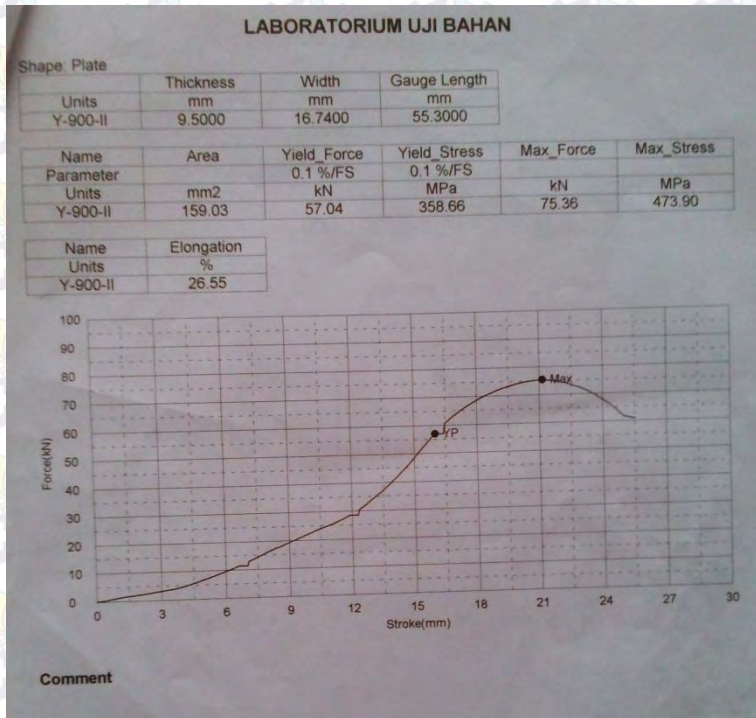


Lampiran 5

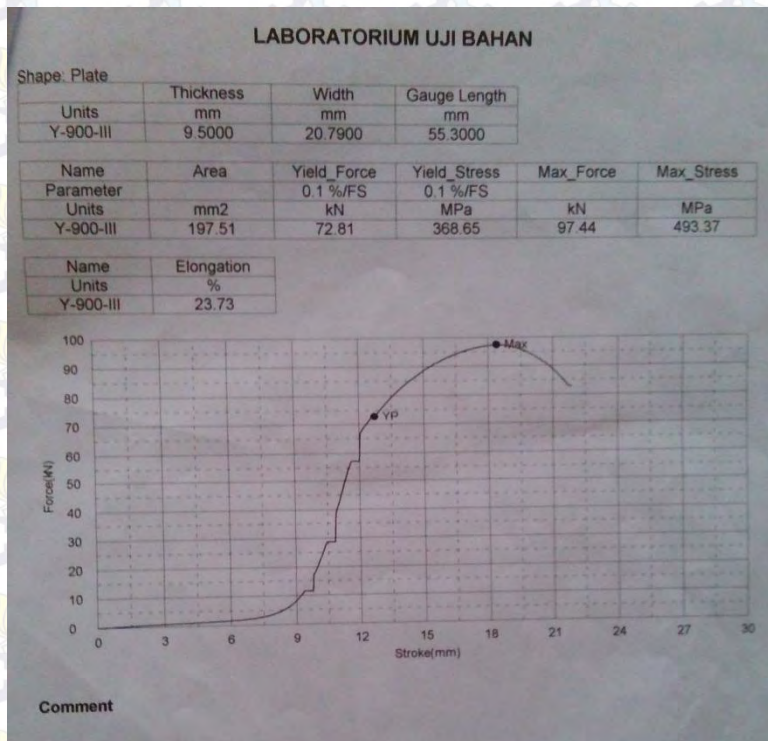
Hasil uji tarik spesimen 900



Hasil uji tarik spesimen 900 (lanjutan)



Hasil uji tarik spesimen 900 (lanjutan)



Lampiran 6

komposisi kimia SA 36

TABLE 2 Chemical Requirements

NOTE 1—Where “...” appears in this table there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes ^A	Plates ^B			Bars					
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]	
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when cop- per steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^A Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes over 426 lbft (634 kgm).

^B For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.05 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %.

Lampiran 7

kekuatan mekanik material

TABLE 3 Tensile Requirements^A

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See Specimen Orientation under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^B For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 %, applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Mechanical Engineers Section IX, 2010, Welding and Brazing Qualifications.

American Society of Mechanical Engineers Section II, 2010, Ferrous Material Specifications.

ASM Handbook Vol. 1, 8th edition. 2005. Properties and Selection Irons, Steels dan High- Performance Alloys.

Callister, William D Jr. 2007. An Introduction Material Science and Engineering, 7th edition

Fohkard, Erich, 1988. Welding Metallurgy of Stainless Steel, Springer verlag Wien, New York.

Prasojo Budi, ST, MT, 2002, Petunjuk Praktikum Uji Bahan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Schell, Frank R., 1979, Industrial Welding Prosedures, Delmar Publishers Inc, Albany, New York USA

Widiyono, Eddy, Suhariyanto, Hadi, Syamsul. 2011. Teori Dan Praktikum Ilmu Bahan Surabaya: Program Studi D3 Teknik Mesin FTI – ITS Kerjasama PT PLN.

Wirjosumarto H., Okumara T., 1996. Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan Ketujuh, PT Pradnya Paramita, Jakarta,

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 10 Juni 1993 di Bojonegoro. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh meliputi SDN Indro Gresik, selama enam tahun, kemudian melanjutkan studi ke SMP Negeri 1 Gresik, dan dilanjutkan ke SMA Negeri 1 Gresik. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar sebagai mahasiswa D3 Teknik Mesin FTI-ITS dengan NRP 2112030050 serta mengambil bidang studi manufaktur. Selama masa perkuliahan penulis juga mengikuti kegiatan diluar perkuliahan seperti staff KWU himpunan D3 Teknik Mesin FTI-ITS. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. SEMEN INDONESIA. Demikian sedikit biodata penulis yang dapat dilampirkan.

Motto hidup ,” Hidup Harus Berjalan Maju, Bukan Mundur
Ataupun Berjalan Di Tempat “